

Denne fil er downloadet fra  
**Danmarks Tekniske Kulturarv**  
*[www.tekniskkulturarv.dk](http://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](http://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](mailto:tekniskkulturarv@dtu.dk)*

# FØRSTE NORDISKE ELEKTROTEKNIKERMØDE

I KØBENHAVN 1920



UDGIVET AF ELEKTROTEKNIKERMØDETS ORGANISATIONSUDVALG  
MED UNDERSTØTTELSE FRA  
H. C. ØRSTED KOMITEEN OG H. C. ØRSTEDS HUNDREDAARSFOND

---

KØBENHAVN  
TRYKT HOS J. JØRGENSEN & CO. \* IVAR JANTZEN  
1922

4. 6213 (063) ~~Folia~~



*Industribiblioteket*

621 3 (063) ~~Tolbo.~~

Grp:      *Forfatter:*

*Titel:* 1' nord. Elektroteknikkens 1920

*Bind:*      *Udgave:*      *Trykår:* 1922.

*Industribiblioteket*

621 3 (063) St.f.

# FØRSTE NORDISKE ELEKTROTEKNIKERMØDE

I KØBENHAVN 1920



UDGIVET AF ELEKTROTEKNIKERMØDETS ORGANISATIONSUDVALG  
MED UNDERSTØTTELSE FRA  
H. C. ØRSTED KOMITEEN OG H. C. ØRSTEDS HUNDREDAARSFOND

---

KØBENHAVN  
TRYKT HOS J. JØRGENSEN & CO. \* IVAR JANTZEN  
1922

REDIGERET AF PROFESSOR A. K. AUBECK, MØDETS SEKRETÆR





## INDHOLD

|                                                                     | Side |                                                                    | Side |
|---------------------------------------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------|------|
| Mødets Organisation, Deltagerliste etc. ....                        | 5    | <i>E. Schou</i> : Det moderne Grundlag for Konstruktion af         |      |
| Mødeberetning med Foredrags-Resuméer etc. ....                      | 8    | Vindmotorer .....                                                  | 81   |
| Selskabelige Sammenkomster m. m. ....                               | 13   | <i>S. P. Madsen</i> : Danske Bidrag til Telefonkablers Teori og    |      |
| Vedtagne Resolutioner .....                                         | 13   | Konstruktion .....                                                 | 91   |
| <i>Abs. Larsen</i> : Meddelelse om de Skridt, der fra dansk Side    |      | <i>Chr. Albertus</i> : Gulstads Kabelrelais .....                  | 97   |
| paatænkes for at søge Ørstedes Navn knyttet til en inter-           |      | <i>D. Stenquist</i> : Blymantlarna hos telefonkablar .....         | 105  |
| national elektroteknisk Enhed .....                                 | 17   | <i>A. Johnsen</i> og <i>K. Rahbek</i> : Et fysisk Fænomen og dets  |      |
| <i>W. Borgquist</i> : Statens kraftdistribution. Driftserfarenheter |      | Anvendelse i Telegrafien og Telefonien m. m. ....                  | 108  |
| och utvecklingsplaner .....                                         | 18   | <i>Jul. Hartmann</i> : Kvægsølvstraaleensretteren .....            | 119  |
| <i>I. Nissen</i> : Elektricitetens anvendelse i Norge og dens frem- |      | <i>P. Randers</i> : Anvendelse af Elektricitet i dansk Landbrug .. | 125  |
| tidsmuligheder .....                                                | 22   | <i>A. R. Angelo</i> : Danmarks Elektricitetsforsyning .....        | 131  |
| <i>P. O. Pedersen</i> : Træk af Buegeneratorens Udviklingshisto-    |      | <i>A. F. Enström</i> : Landsbygdselektriferingen i Sverige .....   | 135  |
| rie til Belysning af videnskabelig teknisk Forskning ..             | 33   | <i>P. V. Christensen</i> : Telefoncentralers Automatisering .....  | 138  |
| <i>C. Hentzen</i> : Københavns Kommunes nye Kraftværk, H. C.        |      | <i>A. Erlang</i> : Sandsynlighedsregningens Anvendelse i Telefon-  |      |
| Ørsted-Værket .....                                                 | 42   | drift .....                                                        | 149  |
| <i>E. v. Holstein-Rathlou</i> : H. C. Ørsted-Værket .....           | 52   | <i>C. A. Rossander</i> : Kraft- och bränslefrågan i Sverige .....  | 160  |
| <i>R. Johs. Jensen</i> : Et System til Differentialbeskyttelse af   |      | <i>T. F. Krarup</i> : Stærkstrømslovgivning i Danmark .....        | 169  |
| Trefaseanlæg .....                                                  | 62   | <i>B. Traneus</i> : Elektriska Standardiserings-Kommittéen, dess   |      |
| <i>H. Bonnevie</i> : Den elektriske lysbues anvendelse i salpeter-  |      | organisation och arbetsresultat .....                              | 172  |
| industrien, specielt den norske salpeterindustri .....              | 67   |                                                                    |      |
| <i>T. Holmgren</i> : Utsikterna för ett ekonomiskt tillgodo-        |      |                                                                    |      |
| görande av vindkraften .....                                        | 73   |                                                                    |      |

# INDEX

1. The first part of the book is devoted to a general survey of the subject, and to a discussion of the various theories which have been advanced to explain the origin of life. The author shows that the most plausible theory is that life originated in the ocean, and that it has since spread to the land and to the air.
2. The second part of the book is devoted to a detailed description of the various forms of life which have been discovered on the earth. The author describes the structure and habits of the various classes of animals, and the structure and habits of the various classes of plants. He also describes the various forms of life which have been discovered in the various parts of the world.
3. The third part of the book is devoted to a discussion of the various theories which have been advanced to explain the origin of life. The author shows that the most plausible theory is that life originated in the ocean, and that it has since spread to the land and to the air.
4. The fourth part of the book is devoted to a discussion of the various theories which have been advanced to explain the origin of life. The author shows that the most plausible theory is that life originated in the ocean, and that it has since spread to the land and to the air.
5. The fifth part of the book is devoted to a discussion of the various theories which have been advanced to explain the origin of life. The author shows that the most plausible theory is that life originated in the ocean, and that it has since spread to the land and to the air.
6. The sixth part of the book is devoted to a discussion of the various theories which have been advanced to explain the origin of life. The author shows that the most plausible theory is that life originated in the ocean, and that it has since spread to the land and to the air.
7. The seventh part of the book is devoted to a discussion of the various theories which have been advanced to explain the origin of life. The author shows that the most plausible theory is that life originated in the ocean, and that it has since spread to the land and to the air.
8. The eighth part of the book is devoted to a discussion of the various theories which have been advanced to explain the origin of life. The author shows that the most plausible theory is that life originated in the ocean, and that it has since spread to the land and to the air.
9. The ninth part of the book is devoted to a discussion of the various theories which have been advanced to explain the origin of life. The author shows that the most plausible theory is that life originated in the ocean, and that it has since spread to the land and to the air.
10. The tenth part of the book is devoted to a discussion of the various theories which have been advanced to explain the origin of life. The author shows that the most plausible theory is that life originated in the ocean, and that it has since spread to the land and to the air.

## Det Første Nordiske Elektroteknikermøde

afholdtes i København i Dagene 31. August til 3. September 1920, som Led i  
Det nordiske H. C. Ørstedmøde i København 1920.

Af den i 1921 udkomne »Beretning om H. C. Ørsted Komiteens Virksomhed« gengives nedenstaaende ang. det »Første Nordiske Elektroteknikermøde«.

Organisationsudvalget, hvis Medlemmer udpegedes af Dansk elektroteknisk Komité, Dansk Ingeniørforening, Den tekniske Forening og Elektroteknisk Forening bestod af:

Fabrikant *Aage Hassel*,  
Professor *P. O. Pedersen*, Formand,  
Ingeniør, cand. polyt. *Povl Vinding*,  
(Som Sekretær: Professor *A. K. Aubeck*).

### Mødets Deltagere.

I Samraad med de paagældende tekniske Foreninger og Selskaber i Danmark, Finland, Island, Norge og Sverige blev der udsendt et — af Pladsforhold delvis begrænset — Antal Indbydelser til Elektroteknikere i disse Lande.

Det samlede Antal Deltagere var 197,

Antallet af ledsagende Damer 93, hvoraf:

|               | Deltagere | Ledsagende Damer |
|---------------|-----------|------------------|
| Danske .....  | 151       | 75               |
| Finske .....  | 11        | —                |
| Norske .....  | 13        | 7                |
| Svenske ..... | 22        | 11               |

#### Danmark.

Aabye, Jørgen, Ing., cand. polyt., Dr. Tværg. 58, Kbhvn. K.  
Adamsen, Carl, Installatør, Vesterbrogade 88, Kbhvn. B.  
Ahrens, Otto, Ingeniør, Malmøgade 8, Kbhvn. Ø.  
Albertus, Chr., Overingeniør, Duntzfeldts Allé 6, Hellerup.  
Andersen, Frede, Ingeniør, med Frue, Hovmarksvej 27, Charlottenlund.  
Angelo, A. R., Direktør, med Frue, Gentofte Allé 5, Hellerup.  
Aubeck, A. K., Professor, Baggesens Allé 16, Vanløse.  
Bache, H., Professor, med Frue, Gl. Kongev. 121, Kbhvn. V.  
Balslev, J. V., Ing., cand. polyt., med Frue, Heklas Allé 11, Kbhvn. S.  
Barkhuus, Wilh., Ingeniør, med Frue, Lykkesholms Allé 31, Kbhvn. V.  
Benzon, E., Ingeniør, Vestervoldgade 101, Kbhvn. B.  
Berg, A. I. C., Installatør, H. C. Ørstedsv. 3, Kbhvn. V.  
Berg, H., Ingeniør, Gammel Mønt 14, Kbhvn. K.

Bjarnov, A. W., Distriktsingeniør, Forchhammersvej 4, Kbhvn. V.  
Bjerre, J., Ing., cand. polyt., med Frue, Askov, Vejen.  
Bjerre, Siliam, Fabrikant, med Frue, Skive.  
Blem, E. C., Ing., cand. polyt., Søren Nordbys Allé 11, Kbhvn. S.  
Brodersen, Th., Ing., cand. polyt., Teglgaardsvej 23, Charlottenlund.  
Buchwald, Chr., Ing., cand. polyt., Nordre Frihavsgade 14, Kbhvn. Ø.  
Christensen, Aage, Direktør, med Frue, Nyelandsvej 67, Kbhvn. F.  
Christensen, G., Ing., cand. polyt., Skovshovedvej 40, Charlottenlund.  
Christensen, J. P., Ingeniør, med Frue, Snorresgade 3, Kbhvn. B.  
Christensen, P. V., Ing., cand. polyt., Parkvej 8, Klampenborg.  
Clausen, V., Afdelingsingeniør, Eivindsvej 22, Charlottenlund.  
Due-Petersen, P., Direktør, med Frue, A/S. Frichs, Aarhus.  
Ekman, O., Ing., cand. polyt., med Frue, Søndermarksvej 13, Kbhvn. Valby.  
Engholm, O., Driftsbestyrer, Østerbrogade 39, Kbhvn. Ø.  
Erlang, A. K., cand. mag., Telefonhuset, Nørreg., Kbhvn. K.  
Ernst, L., Oberst, med Frue, Gl. Kongevej 102, Kbhvn. V.  
Faaborg-Andersen, V., Ing., cand. polyt., med Frue, Venne-mindevej 3, Kbhvn. Str.  
Faber, R., Ingeniørkaptajn, Asmussens Allé 1, Kbhvn. V.  
Faber, S. A., Ingeniør, med Frue, Herluf Trollesgade 21, Kbhvn. K.  
Forchhammer, H., Overingeniør, Holte.  
Fritzbøger, C., Ingeniør, med Frk. E. Fritzbøger, Brandes Allé 12, Kbhvn. V.  
Frydenlund, J., Ingeniør, Godthaabsvej 77, Kbhvn. F.  
Garde, G. D., Direktør, cand. polyt., Falkonérsgaardsvej 15, Kbhvn. V.  
Giersing, E., Ingeniør, med Frue, Viggo Rothesvej 21, Charlottenlund.  
Gorm-Petersen, P., Direktør, Bülowvej 38, Kbhvn. V.  
Granø, O. E. V., Ing., cand. polyt., Frederiksberggade 38, Kbhvn. B.  
Gredsted, M., Kontorchef, Vesterbrogade 40, Kbhvn. B.  
Grønbæk, G. J., Assistent, Willemoesgade 33, Kbhvn. Ø.  
Haldvig, Aage, Ing., cand. polyt., Jacobys Allé 10, Kbhvn. V.  
Hannover, Aage, Ing., cand. polyt., med Frk. I. Michaelsen, Malmøgade 9, Kbhvn. Ø.  
Hansen, Bernh., Fabrikant, med Frue, Nørrefarimagsgade 13, Kbhvn. K.



- Hansen, H. C. I., Ing., cand. polyt., med Frue, St. Thomas Allé 12, Kbhvn. V.
- Hansen, H. F. C., Ing., cand. polyt., Marstrandsgade 29, Kbhvn. Ø.
- Hartlev, C., Afdelingsingeniør, Ny Vestergade 1, Kbhvn. B.
- Hartz, G. E., Kontorchef, Thorvaldsensvej 15, Kbhvn. V.
- Hassel, Aage, Fabrikant, med Frue, Bredg. 43, Kbhvn. K.
- Hein-Johansen, R. F., Ing., cand. polyt., Jagtvej 17, Kbhvn. L.
- Helweg, S., Frue, Howitzvej 46, Kbhvn. F.
- Helweg-Larsen, H., Direktør, Frederik VI.s Allé 5, Kbhv. F.
- Henrichsen, O., Overtelegrafbestyrer, Klareboderne 2, Kbhvn. K.
- Henriksen, A., Driftsbestyrer, Teglgårdsvej 14, Charlottenlund.
- Hentzen, C., Overingeniør, med Frue, Gothersgade 30, Kbhvn. K.
- Hjorth, Stenild, Ing., cand. polyt., Boyesgade 1, Kbhvn. V.
- Holm, H. K., Ingeniør, med Frue, Mosehøjvej 8, Charlottenlund.
- Holstein, H., Greve, Direktør, med Frue, Prinsesse Mariés Allé 1, Kbhvn. V.
- v. Holstein-Rathlou, E., Docent, Afdelingsingeniør, med Frue, Elenorsvej 7, Charlottenlund.
- Ibsen, Axel, Direktør, Gyldenløvesgade 5, Kbhvn. K.
- Illum, R., Belysningsingeniør, Norasvej 13, Charlottenlund.
- Ipsen, Percy, Direktør, cand. polyt., med Frue, Frederikkevej 23, Hellerup.
- Irmig, G., Ingeniør, med Frue, Vesterbrog. 24, Kbhvn. B.
- Jensen, A. G., Ing., cand. polyt., Nylandsvej 33, Kbhvn. F.
- Jensen, C. C. S., Overretssagf., Amagertorv 25, Kbhvn. K.
- Jensen, H. A., Driftsbestyrer, med Frue, Elektricitetsværket, Svinninge, Sjælland.
- Jensen, R. Johs., Driftsingeniør, med Frue, Gothersg. 30, Kbhvn. K.
- Jensen, V., Overlærer, Ingeniør, med Frue, Prinsesse Charlottesgade 38, Kbhvn. N.
- Jensen, V., Direktør, med Frue, Borups Allé 128, Kbhvn. L.
- Johannsen, Fr., Telefondirektør, med Frue, Knabrostræde 30, Kbhvn. K.
- Johnsen, A., Ing., cand. polyt., Nørrevoldg. 29, Kbhvn. K.
- Juul, C., Ing., cand. polyt., med Frk. Sardemann, Pontoppidansgade 16, Aarhus.
- Jørgensen, H., Direktør, med Frue, Johannevej 5, Hellerup.
- Karsten, A. C., Stadsingeniør, med Frue, Gl. Kalkbrænderivej 5, Kbhvn. Ø.
- Keel, H. O., Overingeniør, med Frue, Amagerfælledvej 17, Kbhvn. C.
- Kirchhoff, E., Ing., cand. polyt., Emmasvej 15, Gentofte.
- Kjems, F., Ingeniør, Ordrup Jagtvej 57, Charlottenlund.
- Knudsen, A. M., Ingeniør, med Frue, Ved Amagerport 7, Kbhvn. C.
- Koch, E., Overingeniør, med Frue, Fyns komm. Telefonselskab, Odense.
- Krarup, T. F., Kontorchef, med Frue, Frederiksberg Allé 55, Kbhvn. V.
- Krebs, C., Ingeniør, Frederiksberg Allé 66, Kbhvn. V.
- Krebs, F. H., Konsult. Ingeniør, med Frue, H. C. Ørstedesvej 35, Kbhvn. V.
- Larsen, Absalon, Professor, med Frue, Baunegaardsvej 15, Gentofte.
- Larsen, Holger, Installatør, Gl. Kongevej 140, Kbhvn. V.
- Larsen, Karl, Ing., cand. polyt., Borgerbo 7, Kbhvn. C.
- Leth, F. C., Chef for Elektricitetsværkernes Ingeniørkontor, med Frue og Fru C. Friis, Gothersg. 28, Kbhvn. K.
- Levin, L., Direktør, Amagertorv 25, Kbhvn. K.
- Levy, Alfred, Ingeniør, Blegdamsvej 124, Kbhvn. Ø.
- v. Linstow, J., Telefondirektør, med Frue, Odense.
- Löffler, Karl, Ing., cand. polyt., Hovgaardsg. 8, Kbhvn. Ø.
- Madsen, S. P., Telegrafingeniør, Frederiksholms Kanal 28, Kbhvn. B.
- Meyer, N. R., Telegrafdirektør, med Frue, Sigridsvej 4, Hellerup.
- Meyer, Otto, Ingeniør, med Frue, Badstuestræde 18, Kbhvn. K.
- Michelsen, C. R., Overingeniør, med Frue, Henningsens Allé 25, Hellerup.
- Mikkelsen, A. Helweg, Ingeniør, Classensg. 48, Kbhvn. Ø.
- Muusfeldt, O., Ingeniør, Baggersvej 10, Charlottenlund.
- Müller, Wm., Direktør, Amagertorv 25, Kbhvn. K.
- Møller, Hans, Telefoningeniør, Øster Allé 15, Nykøbing F.
- Møller, H. C. V., Borgmester, cand. polyt. med Frue, Østerbrogade 74, Kbhvn. Ø.
- Møller, K., Overingeniør, Telefonhuset, Nørreg., Kbhvn. K.
- Møllerhøj, J. S., Ing., cand. polyt., Ribegade 20, Kbhvn. Ø.
- Nielsen, J. C., Ekspeditionssekretær, Hollands Allé 37, Kbhvn. S.
- Nordlien, Fr., Generaldirektør, Nørrebrog. 168, Kbhvn. L.
- Norup, H. C., Ing., cand. polyt., Tranegaardsvej 6, Hellerup.
- Nyebøe, M. I., Ingeniør, Raadhusplads 37, Kbhvn. B.
- Olsen, L. M., Ing., cand. polyt., Overgaden o. Vandet 94, Kbhvn. C.
- Ortved, R., Ingeniør, Malmøgade 10, Kbhvn. Ø.
- Pade, H., Direktør, med Frue, A/S. Nord. Kabel- & Traadfabrik, Fabrikv., Kbhvn. F.
- Paulli, E., Kaptajn, Forstander, Ahlefeldtsg. 2, Kbhvn. K.
- Pedersen, P. A., Ing., cand. polyt., Jernbaneg. 4, Kbhvn. B.
- Pedersen, P. O., Professor, m. Frue, Amalievej 1, Kbhvn. V.
- Petersen, Axel, Ing., cand. polyt., Willemoesg. 4, Kbhvn. Ø.
- Petersen, A. G. V., Ingeniørkaptajn, med Frue, Kathrinevej 14, Hellerup.
- Petersen, H. C., Direktør, med Frue, Amalieg. 3, Kbhvn. K.
- Petersen, Niels, F., Ingeniør, med Frue, Thorvaldsensvej 19, Kbhvn. V.
- Poulsen, A., Ing., cand. polyt., Nørrefarimagsgade 23, Kbhvn. K.
- Prior, H. P., Direktør, med Frue, Ordrup Krat, Charlottenlund.
- Rager, E., Ing., cand. polyt., med Frue Aurehøjvej 3, Hellerup.
- Rahbek, K., Ing., cand. polyt., med Frue, Jagtvej 17, Kbhvn. L.
- Randers, P., Direktør, Østbanetorv 9, Aarhus.
- Rasmussen, N., Ingeniør, med Frue, Svanemøllevej 50, Kbhvn. Str.
- Redin, K. G., Telegrafingeniør, med Frue, Stenderupg. 4, Kbhvn. B.
- Richter, M. B., Fabrikant, Amaliegade 7, Kbhvn. K.
- Rye, C. H., Artillerikaptajn, med Frue, Herluf Trollesgade 23, Kbhvn. K.
- Saltoft, L. J., Ing., cand. polyt., med Frue, Vodroffsv. 41, Kbhvn. V.
- Sardemann, J., Ingeniør, med Frue, Aarhus.



Schierbeck, C. J., Afdelingsingeniør, Norasvej 40, Charlottenlund.  
 Schledermann, H., Overelektroingeniør, Taffelbays Allé 11, Hellerup.  
 Schmith, I. P., Sporvejsdirektør, med Frue og Fru Grünwald, Aarhus.  
 Schou, E., Professor, Dr. phil., med Frue, Thorvaldsensvej 19, Kbhvn. V.  
 Schäffer, K., Trafikinspektør, Ejvindsvej 27, Charlottenlund.  
 Smith, S., Overingeniør, Dr. techn., med Frue, Rolighedsvej 1, Charlottenlund.  
 Steenberg, F. C., Afdelingsingeniør, Frederiksberg Elektricitetsværk, Hortensiavej 1, Kbhvn. V.  
 Søeborg, J. V. A., Ing., cand. polyt., med Frue, Amagerfælledvej 9, Kbhvn. C.  
 Thomsen, T. C., Direktør, A/S. Den danske Kabelfabrik, Kongens Enghave, Kbhvn. B.  
 Thomsen, W. G., Overtelegrafingeniør, med Frue, Østerbrogade 19, Kbhvn. Ø.  
 Thonning, P. L., Ing., cand. polyt., med Fru Chauveau, Amagerbrogade 110, Kbhvn. S.  
 Trane, V. S., Fabrikejer, Ingeniør, med Frue, St. Kongensgade 63, Kbhvn. K.  
 Tuxen, O. A., Direktør, med Frue, A/S. Nord. Kabel- og Traadfabr., Middelfart.  
 Tørring, Vald., Ingeniør, Kongensgade 13, Odense.  
 Tørsleff, J., Kaptajn, med Frue, Smallegade 8, Kbhvn. F.  
 Wallmann, I., Direktør, Jysk Telefon A/S., Aarhus.  
 Weimann, W., Generalkonsul, Kong. Nytorv 26, Kbhvn. K.  
 West, Jul. H., Ingeniør, Upsalagade 20, Kbhvn. Ø.  
 Windfeld-Hansen, I., fhv. Belysningsdirektør, med Frue, Stockholmegade 43, Kbhvn. Ø.  
 Vinding, Povl, Ingeniør, med Frue, Adelg. 115, Kbhvn. K.  
 Winsløw, C. J. B., Direktør, Dr. Olgasvej 12, Kbhvn. F.  
 Voigt, L. P., Overingeniør, Gyldenløvesgade 16, Kbhvn. K.  
 Wulff, C., Driftsbestyrer, Finsensvej 9, Kbhvn. F.  
 Vøhtz, I. A., Kommandør, med Frue, Holsteinsgade 30, Kbhvn. Ø.  
 Yttrup, J., Ing., cand. polyt., Østerfarimagsg. 79, Kbhvn. Ø.  
 Ørum, K. V., Direktør, med Frue, Vestergade, Haslev.

#### Finland.

Ahlstedt, Torsten, Diplomingeniør, Nylandsgatan 17, Helsingfors.  
 Faith-Ell, O. K., Konsult. Elektroingeniør, Georgsgatan 10, Helsingfors.  
 Granholm, T., Ingeniør, Mikaelsgatan 11, Helsingfors.  
 Idström, O., Ingeniør, A/B. Agros, Helsingfors.  
 Nilsson, John, A., Ingeniør, Ingeniörbyrån »Muona«, Helsingfors.  
 Nordensvan, G. M., Ingeniør, Direktør, Unionsgatan 15, Helsingfors.  
 v. Schantz, E., Ingeniør, Ehrensvärdsvägen 14, Helsingfors.  
 Schmidt, O. F., Ingeniør, Direktør, Finska Elektroindustri A/B., Helsingfors.  
 Stén, A., Ingeniør, Helsingfors.  
 Terhi, O., Ingeniør, Bangatan 3, Helsingfors.  
 Veijola, V., Ingeniør, Bärgmansgatan 23, Helsingfors.

#### Norge.

Abild, S., Chefingeniør, m. Frue, Telegrafstyret, Kristiania.  
 Bjerke, A., Direktør, Storhaugen 3, Bergen.

Bonnevie, H., Ingeniør, med Frue og Fru A. Broch, Rjukan, Telemarken.  
 Haga, J. A., Overingeniør, med Frue, Jacob Aalsgate 25, Kristiania.  
 Hanssen, Eivind, Ingeniør, Elektroteknisk Konsulent, Sjøfartsbygn. 450, Kristiania.  
 Holst, I. C., Overingeniør, med Frue, Bjørn Farmandsgate 11, Kristiania.  
 Jacobsen, H., Ingeniør, Askim.  
 Nissen, Jacob, Ingeniør, med Frue, Kronprinsensgate 3, Kristiania.  
 Norberg Schulz, Ths., Direktør, Statens Elektricitetsvæsen, Kristiania.  
 Nordstrand, A., Direktør, Bergen.  
 Schreiner, Hj., Overingeniør, med Frue, Statsbanernes Hovedstyre, Kristiania.  
 Skancke, R. S., Overingeniør, Gabelsgate 16, Kristiania.  
 Sønnichsen, Francis, Ingeniør, Munkedamsvejen 71, Kristiania.

#### Sverige.

Andersson, Erik, Direktør, med Frue, »Elektromekano«, Helsingborg.  
 Borgquist, W., Öfverdirektör, Kgl. Vattenfallsstyrelsen, Stockholm.  
 Eliasson, K. G., Konsult. Elektroingeniör, Kasserntorget 11 B, Göteborg.  
 Enström, A. F., Kommersråd, med Frue samt Fru Dr. Peyron og Frk. A. Ydén, Grefteuregatan 24 A, Stockholm.  
 Ericson, E. C., Byrådirektör, Kgl. Kommerskollegium, Stockholm.  
 Ericson, N., Ingeniör, Luth & Roséns elektr. A/B., Rosenlundsgatan, Stockholm.  
 Gerge, Einar, Civilingeniör, Gyhult, Helsingborg.  
 Gustrin, A. F., Byrådirektör, Kgl. Vattenfallsstyrelsen, Stockholm.  
 Halden, S., Civilingeniör, Sturevägen 19, Stocksund.  
 Heineman, E., Statskonsulent, med Frue, Odengatan 39, Stockholm.  
 Holmer, R., Inspektör, Kgl. Kommerskollegium, Stockholm.  
 Holmgren, T., Öfveringeniör, Malmskilnadsgatan 54, Stockholm.  
 Husberg, T., Öfveringeniör, med Frue, Södra Sveriges Ångpanneförening, Malmö.  
 Landtmanson, K., Inspektör, med Frue, Kaptensgatan 13, Stockholm.  
 Lindström, A., Professor, Dr., A. S. E. A., Västerås.  
 Malm, N., Statsinspektör, Kgl. Kommerskollegium, Stockholm.  
 Orrby, Sam O. son, Driftingeniör, Elektricitetsverket, Helsingborg.  
 Rossander, C. A., Öfveringeniör, med Frue, Malmskilnadsgatan 54, Stockholm.  
 Schmidt, W. G., Direktör, Luth & Roséns elektr. A/B., Rosenlundsgatan, Stockholm.  
 Svedberg, I., Fil. Dr., Öfveringeniör, med Frue og Frk. Margot, Svedberg, Billesholm.  
 Söderbaum, C. F., Öfveringeniör, Carl X Gustafsgatan 55, Helsingborg.  
 Traneus, B., Ingeniör, med Frue, Elektriska Standardiseringskommittéen, Stockholm.



## Mødeberetning.

### 1. Mødedag,

Onsdag d. 1. September 1920, Kl. 9 $\frac{1}{2}$  Form.

Mødested: Den polytekniske Lærestalt, Sølvtorvet.

Mødets Konstituering:

Prof. P. O. Pedersen aabnede paa Organisationsudvalgets Vegne Mødet, gjorde kort Rede for dettes Tilblivelse og stillede, efter at have budt Deltagerne Velkommen, Forslag om at vælge een Formand fælles for hele Mødet og fire Næstformænd, een for hvert af de deltagende Lande. Paa Forslag af Kommersråd *Enström* valgtes Prof. P. O. Pedersen enstemmigt til Formand.

Formanden anmodede derefter de fire deltagende Nationer om at vælge hver sin Næstformand.

Følgende Herrer valgtes:

for Danmark: Overing. C. Hentzen,

- Finland: Dir. Ing. G. M. Nordensvan,

- Norge: Dir. Ths. Norberg-Schulz,

- Sverige: Öfvering. C. A. Rossander.

Mødets Sekretær var Prof. A. K. Aubeck, København.

Overingeniør Hentzen overtog Ledelsen af Mødet og meddelte forskellige Oplysninger ang. Mødeberetningen samt Trykningen af Foretagsresuméer og evt. Diskussionsindlæg.

Under Mødet holdtes følgende Foredrag:

*Abs. Larsen*, København: Meddelelse om de Skridt, der fra dansk Side paatænkes for at søge Ørstedes Navn knyttet til en international elektroteknisk Enhed.

Foredragsholderen meddelte, at Dansk Elektroteknisk Komité vilde indsende Forslag om Antagelse af *Oersted* som Navn paa en i Praxis anvendt elektromagnetisk Enhed til den internationale elektrotekniske Kommissions Centralbureau i London. Man havde navnlig tænkt paa Enheden for elektrisk Feltstyrke i det praktiske System, Volt pr. cm, der var en klar og simpel Enhed ligesom Ohm, Volt og Ampère. Der havde derimod ingen Stemning været for den fra anden Side foreslaaede Enhed for magnetisk Modstand.

Foredragsholderen foreslog følgende Resolution:

»Det første nordiske Elektroteknikermøde i København 1920« udtaler sin Sympati for, at Ørstedes Navn knyttes til en i Praxis anvendt elektromagnetisk Enhed.

Efter en kort Diskussion ang. Hensigtsmæssigheden af den foreslaaede Enhed, hvori C. A. Rossander, A. Lindström, P. O. Pedersen og A. F. Gustrin deltog, stilledes Resolutionen under Afstemning og vedtoges enstemmigt.

*W. Borgquist*, Stockholm: Statens kraftdistribution. Driftserfarenheter och utvecklingsplaner.

Föredragshållaren lämnade en översikt över svenska Statens kraftverksrörelse, vilken f. n. omfattar kraftstationer med en sammanlagd maskineffekt av ca. 250,000 kW., ca. 300 transformatorer om 100—5000 kVA. och ca. 5000 km. högspänningslinjer för 70, 50, 40, 20 och 10 kV. En redogörelse lämnades över de störningar, som förekommit i Vattenfallsstyrelsens anläggningar på grund

av personalfel, åverkan samt mekaniska och elektriska fel. De sistnämnda, som nästen uteslutande förorsakas av atmosfäriska överspänningar, påvisades hittills hava varit allvarligast. En väl avvägd gradering av isolationen mellan en anläggnings olika delar framhölls såsom ett effektivt och billigt skydd mot dylika fel å vitala anläggningsdelar. Föredragshållaren redogjorde för de arbeten, som företagits av Vattenfallsstyrelsen för att höja driftsäkerheten hos anläggningarna, samt påvisade huru felfrekvensen som följd härav år från år minskat. Sifferdata lämnades rörande hittillsvarande felfrekvens; ävenledes uppgavs till vilka gränser man utan avsevärda kostnader torde kunna nedtrycka felfrekvensen i olika anläggningsdelar.

Driftserfarenheterna ge vid handen, att man med god tillförsikt kan bygga det projekterade 200 och 120 kV. stamlinjenätet genom Sverige. Föredragshållaren beskrev i korthet detta nät samt framhöll den betydelse, det i framtiden kan få för kraftutbyte mellan de skandinaviska länderna.

*J. Nissen*, Kristiania: Elektricitetens användelse i Norge og dens fremtidsmuligheter.

Foredraget indeholdt en oversigt over den anvendelse, som hittil er gjort af elektriciteten til de forskjellige øiemed, hvor meget elektrisk energi der maa antas at tiltrænges til landets almindelige elektricitetsforsyning og en oversigt over Norges vandkraft og dens beliggenhet i forhold til elektricitetsbehovet, hvorav fremgik, at Norge har mer end tilstrækkelig av gunstig beliggende vandfald, som kan benyttes til dette øiemed, saaledes at der kan avsees betydelige energimængder til elektrokemisk storindustri og eventuelt for eksport til de øvrige skandinaviske lande.

*P. O. Pedersen*, København: Træk af Buegeneratorens Udviklingshistorie til Belysning af videnskabelig teknisk Forskning.

Dette Foredrag maatte udgaa af Mangel paa Tid, men skulde have givet en Oversigt over Buegeneratorens Udviklingshistorie fra *Edlund's* Iagttagelse af Buens faldende Karakteristik til den nyeste Udvikling af *Poulsen-Buen*, navnlig med Henblik paa de Punkter, der har særlig Betydning til Belysning af den videnskabelige tekniske Forsknings Natur.

Foredraget er nedenfor optaget mellem de øvrige Foredrag.

Onsdag d. 1. September 1920, Kl. 2 Eftm.

Ordstyrer: Öfvering. C. A. Rossander.

*C. Hentzen*, København: Københavns Kommunes nye Kraftværk, H. C. Ørsted-Værket.

Dette Værk — Damp turbineværk til 3 × 6000 Volt, 50 ~ — er bygget paa opfyldt Areal i Kalvebod Strand ca. 200 m fra Enghave Brygges Kaj, der har 6,3 m Vanddybde. Værkets Areal er foreløbig 25,000 m<sup>2</sup>; ved yderligere Opfyldninger vil Arealet i Fremtiden blive ca. 50,000 m<sup>2</sup>. Fra lossende Skibe haves direkte Kabelbanetransport af Kul til Værket. Betonledninger af 4 m<sup>2</sup> Tværsnitsareal for Til- og Afgang af Kølevand forbinder Maskinernes Kondensationsanlæg med Havnen. Værket udbygges fore-



løbig til ca. 25,000 kW, fordelte paa 3 Turbogeneratorer, men det tænkes at skulle kunne udvides til 150,000 kW. med fremtidige Turbineenheder paa ca. 12,500 kW. For hver 25,000 kW. Turbinekraft findes et nyt Kedelhus og et nyt Højspændingsanlæg. Alle Kedelhusenes Midtakser er vinkelrette paa Maskinhallens Længderetning, og alle Højspændingsanlægene ligger i en særlig Bygning, — parallel med og i en Afstand af 12 m fra Maskinhuset, dog med fælles Tavlesal, hvorfra Fjernstyring af Turbogeneratorerne og af Olieafbryderne sker. Tavlesalen er ved en Bro mellem Bygningerne forbundet med Maskinsalen, hvis Gulv ligger ca. 7 m over Terrainet.

Kedelhusets Fyrplads ligger  $3\frac{1}{2}$  m over Terrainet, medens dets Kældergulv, ligesom Maskinhuskældergulvet, ligger i Terrainhøjde. Det første Kedelhus vil bestaa af 10 Vandrørsmarinekedler, hver med sin Economiser, med Underblæst og Sugetræk. Kulforsyningen til Kedlerne vil ske fra ovenover Kedelhuset anbragte Siloer af Jernbeton igennem en automatisk Vægt for hver Kedel. Fra Plads til Silo vil Kultransporten ske ved Skrabetransportør, Spandkædeelevator og imprægneret Bomuldsrem. Kedlernes Arbejdstryk er 15 Atm.

Der er i Højspændingsanlægget lagt Vægt paa saavidt mulig Adskillelse mellem Faserne. Olieafbrydernes Brydningseffekt er 75,000 kVA. Til Værkets Belysning og egne Motorer findes en 50 kVA og 2 Stk. 600 kVA Transformatorer. For Manøvrestrømmen findes et mindre Akkumulatorbatteri.

De eksisterende Værker vil i Fremtiden væsentlig blive Omformerstationer til Jævnstrøm  $2 \times 220$  Volt, der ved Højspændingskabler forbindes med H. C. Ørsted-Værket, fra hvilket iøvrigt ogsaa et stort Net til direkte Vekselstrømsforsyning udgaar.

I Diskussionen deltog *H. Bache* og *O. A. Tuxen*.

*R. Johs. Jensen*, København: Et System til Differentialbeskyttelse af Trefaseanlæg.

Efter en kort Omtale af forskellige Relaiskonstruktioner til Beskyttelse af Drejestrømsmotorer mod Overbelastning og Fasebrud beskrevs nærmere et af Foredragsholderen angivet, paa de københavnske Elektricitetsværker anvendt Beskyttelsessystem for Trefaseanlæg. Et Maksimalrelais udløser for symmetrisk Overbelastning, et Nullederrelais for Afledning fra en vilkaarlig Fase til Jord. Dette Relais er gjort særligt følsomt for Grundbølgen i Modsætning til de i Nullederen forekommende højere harmoniske, derved at det er udført med stor Reaktans og parallelforbundet til en passende Modstand. For Fejl imellem Faserne udløser en Differentialbeskyttelsesanordning, der paavirkes af to af Fasestrømmene saaledes afbalancerede i Forhold til hinanden ved Anvendelse af passende Impedanser og Modstande, at et til Anordningen hørende Relais ikke fungerer for normal symmetrisk Belastning, men derimod for Fejl imellem to vilkaarlige af Faserne.

Efter Foredragene Udflugt pr. Automobil til H. C. Ørsted-Værket, hvor Afdelingsingeniør *E. v. Holstein-Rathlou* inden Besigtigelsen holdt et orienterende Foredrag.

Resumé: Det har været overvejet eventuelt at anvende en Overføring fra H. C. Ørsted-Værket til Understationerne

ved 25 à 30 kV, men man blev for den nu byggede 1. Sektions Vedkommende staaende ved den i de eksisterende Anlæg anvendte Spænding 6000 Volt.

Derved lettes et Samarbejde med Frederiksberg, der ogsaa har 6000 Volt. Med Nordsjællands Elektricitets- og Sporvejs Aktieselskab og derigennem med Sydsvenska Kraft Aktiebolaget sker der ligeledes Samarbejde, dog gennem Transformatorer 6000—10 000 Volt.

Tavleanlægget paa H. C. Ørsted-Værket findes helt og holdent i en særlig Bygning og er her anordnet med specielt Henblik paa simpel og let Betjening, samtidig med at der er tilstræbt den størst mulige Driftssikkerhed. Den foreskrevne Provespænding er saaledes 25 kV i  $\frac{1}{2}$  Time. Olieafbryderne skal kunne bryde 75 000 kVA, og samtlige Ledningsadskillere er forlangt aflaaede.

Al Betjening for Generatorer, Transformatorer, Kabler, Akkumulatorbatterier etc. sker fra en Sal i Bygningens øverste Etage med bedst mulige Lysforhold. Denne Sal staar i Forbindelse med Maskinsalens Gulv gennem en overdækket Broforbindelse. I Tavlesalen findes yderligere Maskintelegraf til Turbinerne samt Omstillingscentralerne for Lokaltelefon- og Bytelefonanlægene.

## 2. Mødedag.

Torsdag d. 2. September 1920, Kl. 9 Form. Sektion I.

Ordstyrer: Dir. Ths. Norberg-Schulz.

*H. Bonnevie*, Rjukan: Den elektriske lysbues anvendelse i salpeterindustrien, specielt den norske salpeterindustri.

Elektrisk forbrænding af luftens kvælstof til kvælstofoxyd demonstrertes først af Cavendish 1785. Fabrik-mæssig fremstilling af salpeter efter Birkeland-Eydes metode siden 1905. B.-E.'s metode sammen med Dr. Schønherrs metode eies af Norsk Hydro-elektrisk Kvælstofaktieselskab, der i sine salpeterfabriker i Norge og Frankrike utnytter ca. 350 000 HK. B.-E.'s metode beror paa magnetisk utblæsning; Dr. S.'s metode paa luftstrømsutblæsning af den elektr. flamme.

Ovnstørrelserne er op til 4000 kW. for B.-E.'s og 100 kW. for Dr. S.'s ovne. Begge metoder benyttes ved siden af hinanden ved selskabet's anlæg paa Rjukan.

*T. Holmgren*, Stockholm: Utsikterna för ett ekonomiskt tillgodo görande av vindkraften.

På grundvalen av de undersökningsresultat, som publicerats av de för flygteknikens utveckling tillkomna aerodynamiske instituten, undersökes, hur en vindmotoranläggning i stora drag bör vara beskaffad för att producera elektrisk energi till ett redan bestående kraftdistributionsföretag till lägsta kostnad per kilowattimme. Ett överslag av resultatet för mest ekonomiska maskinstorlek i en vindrik trakt pekar på ett pris av storleksordningen ett öre pr. kilowattimme.

*E. Schou*, København: Det moderne Grundlag for Konstruktion af Vindmotorer.

La Cour maatte i alt væsentligt selv skabe det teoretiske og eksperimentelle Grundlag, hvorpaa hans Arbej-



der angaaende Vindmotorer hviler. Takket være de overordentlig omfattende Undersøgelser, som er foretaget paa de i de sidste 10 Aar opstaaede aerodynamiske Instituter samt de derpaa byggede teoretiske Arbejder er vi nu i Besiddelse af en langt større Viden om Luftens Bevægelseslære end paa La Cours Tid. Man tør derfor haabe, at det vil være muligt at naa til nye og betydningsfulde Resultater med Hensyn til Vindens Udnyttelse.

I Fællesdiskussionen til de to sidste Foredrag deltog O. Engholm, W. Borgquist, O. Pettersson og I. Bjerre.

## Sektion II.

Ordstyrer: Dir., Ing. G. M. Nordensvan.

S. P. Madsen, København: Danske Bidrag til Telefonkablers Teori og Konstruktion.

Der gives en Fremstilling af Udviklingen af Telefonkabler med forhøjet Selvinduktion, hvorunder det paa-vises, at Danskeren L. Lorenz samtidig med Englænderen Heaviside og Franskmanden Vaschy har forstaaet Selvinduktionens nyttige Betydning for Telefoneringen, behandlet Telefonstrømmenes Forplantning teoretisk og givet Forslag til en jævn fordelt Forøgelse af Selvinduktionen langs hele Ledningens Længde; dernæst omtaltes Arbejder paa dette Omraade af Tyskeren Breisig og Danskerne J. L. V. Jensen og C. E. Krarup, efter hvilken sidste Kabler med jævn fordelt forhøjet Selvinduktion har faaet Navn. Endvidere omtaltes Danskerne Absalon Larsens, P. O. Pedersens og A. K. Erlangs Arbejder vedrørende Telefonkablers og Telefonledningers Teori samt de af disse konstruerede Maaleapparater til Brug indenfor Svagstrømsteknikken.

I Diskussionen deltog P. O. Pedersen.

Chr. Albertus, København: Gulstads Kabelrelais.

Almindelige polariserede Relais er ikke egnede til Hurtigtelegrafering gennem Kabler, hvis Modstand og Kapacitet svækker og forvrænger Dobbelstrømssignaler. Det ejendommelige for Gulstad Relais er dets særlige Hjælpestrømsarrangement, ved hvis Hjælp Ankeret bringes til at vibrere. Liniestrømmens Opgave indskrænkes derved til at standse Vibrationerne, hvis Frekvens kan reguleres og bringes i Overensstemmelse med Frekvensen af de fra Sendestationen udsendte Prikker. Ved Indregulering af Hjælpestrømmen opnaas desuden, at Forvrængningen delvis ophæves. Under visse Forhold medvirker elektriske Svingninger i Hjælpestrømskredsløbet væsentlig til Sikkerhed i Relaisets Præstationer.

Overing. Gulstad overværede Foredraget og blev efter dette hyldet af Tilhørerne.

D. Stenquist, Stockholm: Blymantlarna hos telefonkablar.

Foredraget behandlede huvudsakligen en av föredragshållaren gjord uppfinning på kabelfabrikationens område. Genom av honom på Svenska Telegrafverkets provningsanstalt under 1917—18 gjorda undersökningar hade det framgått, att en ytterst ringa mängd magnesium (0.05 pCt.) kunde med fördel ersätta tennet i kabelmantlarna, Såväl luft- som jordkablar med mantlar med ovanstående

sammansättning hade sedan över två år varit i praktiskt bruk och visat sig väl tåla jämförelsen med de förut använda. Såväl de fysiska som metallografiska undersökningarna ha givit vid handen, att magnesium bildar fast lösning med bly upp till 0,12 pCt. magnesium. Den sistnämnda metallen är således fullständigt löst i blyet vid den använda koncentrationen. Vidare synes den allra första magnesiumtillsatsen ha till följd, att blyet undergår en slags härdningsprocess på samma sätt som koppars egenskaper förbättras genom små tillsatser av fosfor vid fosforbrons-tillverkningen.

I Diskussionen deltog P. V. Christensen, Koch og G. M. Nordensvan.

Torsdag d. 2. September 1920, Kl. 2 Eftm.

Ordstyrer. Overing. C. Hentzen.

A. Johnsen og K. Rahbek, København: Et fysisk Fænomen og dets Anvendelse i Telegrafien og Telefonien m. m.

I September 1917 gjorde Foredragsholderne den lagtagelse, at der under visse Omstændigheder optræder en betydelig Tiltrækning og Friktion imellem Overfladerne af to hinanden berørende glatte Flader af henholdsvis en Leder og en Halvleder, eller mellem to Halvledere, naar der passerer en Strøm over imellem Fladerne, idet der her ved Halvledere forstaaes visse i ringe Grad og fortrinsvis elektrolytisk ledende faste Legemer, saasom Gelatine, Hud, visse Papirsorter, adskillige Salte og Mineralier, specielt Skifer, lithografisk Sten, Agat m. fl.

Systematiske Forsøg førte til Opnaaelsen af saa kraftige og udprægede Virkninger, at Foredragsholderne besluttede at søge Anvendelse for Fænomenet i den praktiske Teknik.

En nærmere Undersøgelse har vist, at Tiltrækningen er rent elektrisk og skyldes et endeligt Spændingsfald ved Legemernes Skilleflade, idet nævnte Halvledere besidder en meget betydelig Overgangsmodstand overfor faste Legemer, som berører dem.

Ved at tildanne Halvlederen som en Cylinder og udnytte Tiltrækningen og dermed Friktionen mellem Cylinderen og et paa denne glidende Metalbaand, dannes Udgangspunkt for Konstruktionen af højttalende Telefoner, hurtigskrivende Telegrafapparater og følsomme Relais, i hvilke de virksomme Kræfter kan være af Størrelsesordenen 1 Kilo eller mere, ved Strømforbrug af Størrelsesordenen  $10 \div 5$  Amp.

De store Kræfter gør det muligt ved Telefonapparater at benytte andre Lydgivere end de kendte Lyddaaser, saaledes demonstreredes, hvorledes en Violin kan benyttes som Lydgiver.

Ved Telegrafapparater efter det nye Princip muliggør de store Kræfter i Forbindelse med den absolute Induktionsfrihed Opnaaelsen af betydelige Skrivehastigheder. Eksperimentelt er opnaaet Hastigheden 600 Ord pr. Minut. Disse Apparater egner sig paa Grund af den store indre Modstand særligt for Tilslutning til Strømkrede med stor Modstand, specielt Vacuum-Forstærkererror.

Som en afledet Konstruktion maa betragtes den saakaldte Spændingsviser, der er en Art-transportabelt Elek-



trooskop af Størrelse som en Fyldepen, i hvilken Virkningen beror paa den direkte Tiltrækning mellem et bøjeligt Metalblad (Viseren) og den krumt tildannede Overflade af en Halvleder.

Naar dette Apparats ene Pol bringes i Berøring med en spændingsførende Ledning eller lignende, vil Apparatet vise Tilstedeværelsen af Spænding imod Jord, naar denne Spænding er beliggende mellem ca. 60 Volt og 700 Volt, idet den Person, der holder Apparatet i Haanden, selv danner Jordforbindelse for dets anden Pol.

*Jul. Hartmann, København: Kvægsølvstraale-ensretteren.*

Efter en Indledning, omhandlende den elektriske Ventil og den roterende Kommutator som Midler til Ensretning af en- og flerfaset Vekselstrøm, blev den af Foredragsholderen opfundne Kvægsølvstraalekommutator beskrevet. Derefter belystes gennem typiske Eksempler, hvorledes man med Benyttelse af denne Kommutator kan opbygge saakaldte Ensrettere med selvstændig Drift. Denne Type Ensrettere tillader kun Regulering af Strømmen indenfor visse, omend ret vide Grænser. Det vistes, hvorledes Strømreguleringsproblemet er løst gennem Ensrettere med bunden Drift, d. v. s. Ensrettere, hvor Straalen holdes i Gang ved en Hjælpstrøm. Fremdeles blev det beskrevet, hvorledes Trefaseensrettere kan bygges sammen af Kommutatorer i et Antal lig Fasernes. Den særlige Form, man maa give Kommutatoren, naar man vil adskille Faserne, blev forklaret. Endelig blev den praktiske Udførelsesform for en mindre Kommutator (til ca. 10 kW.) belyst ved Gennemgang af en Konstruktionstejning.

Efter Foredraget demonstreredes en trefaset Ensretter i Laboratoriet.

### 3. Mødedag.

Fredag d. 3. September 1920, Kl. 9 Form.

#### Sektion I.

Ordstyrer: Öfvering. C. A. Rossander.

*P. Randers, Aarhus: Anvendelse af Elektricitet i dansk Landbrug.*

Foredragets Indhold gik ud paa igennem Tal og Ekspl. at fastslaa, at Elektriciteten igennem de sidste 10 Aar havde vundet saa stærk og berettiget Indpas i dansk Landbrug, at den fuldt ud kan gøre Krav paa at blive betragtet som en Nødvendighedsartikel, der i Behagelighed overgaar og i økonomisk Henseende ikke staar tilbage for nogen anden anvendelig mekanisk Drivkraft.

*A. R. Angelo, København: Danmarks Elektricitetsforsyning.*

Foredragsholderen gav en Fremstilling af Elektricitetssagens Udvikling her i Landet, dens nuværende Standpunkt og de Retningslinier, som fremtidig burde følges. Der fremhævedes det teknisk og økonomisk rigtige i, at Forsyningen med Elektricitet saavidt muligt foregik ved høj-

spændt Vekselstrøm i Stedet for ved lokale Smaaværker, samt at der skete en Sammenknytning af de forskellige Forsyningsomraader og Kraftkilder ved Anlæg af Ledninger med særlig høj Spænding. Elektricitetsproduktionen vilde da i Hovedsagen kunne foregaa fra de mest økonomisk arbejdende Centraler. Endvidere vilde Vand- og Vindkraftanlæg, som tilsluttedes til et saadant under eet arbejdende Anlæg have de bedst mulige Betingelser for en gunstig Udnyttelse.

*A. F. Enström, Stockholm: Landsbygdselektrificeringen i Sverige.*

Elektrificeringen av Sveriges landsbygd har särskilt under de senare krigsåren på grund av särskilt bristen på bränsle och lysoljer framskridit med stor hastighet. Den tilltagande knappheten på mänsklig arbetskraft bidrager att alltjämt hålla intresset uppe för de elektriska ledningsnätens utbyggnad. I försvårande riktning har verkat prisstegringen på material och arbete, varigenom särskilt utbyggandet av behövlig kraftverkskapacitet hindrats. På sistone hota kapitalanskaffningssvårigheter.

F.n. torde mer än en tredjedel av landets odlade areal vara elektrifierad, om ock en rätt stor del av dessa områden icke blivit utbyggd med ledningar av för en fullständig elektrifiering fullt tillfredsställande dimensionering. Den elektriska motorns användning inom lantbruket ökas emmellertid alltjämt vad beträffar kraftbehoven i det inre gårdsbruket. Jordens bearbetning med elektrisk energi är ett ännu olöst problem trots lovande experiment.

Från de stora huvudledningsnäten uttages landsbygdsenergien vanligen vid en bygdefördelningsspänning av 20 000 volt, vilken sedan nedtransformeras först till 3000 eller 1500 volt och därifrån till förbrukningsspänningen 220 eller 190 volt huvudspänning. I rätt stor utsträckning användas även i vissa landsdelar ett tvåspänningssystem med 10 000 volt fördelning, direkt nedtransformerad till förbrukningsspänning. Även 380 volt förekommer i rätt stor utsträckning jämte i övrigt en hel del variationer. För åstadkommande av enhetlighet och planmässighet i elektrifieringsarbetet är tillsatt en K. Kommitté, vilken sedan ett par år är sysselsatt med utredningar för olika landsdelar.

Organisationen av landsbygdselektrificeringen karaktäriseras av lokalt bildade distributionsföreningar grundade på andelsprincipen, vilka ombestyr energiens fördelning från uttagpunkten till delägarne. Dessa föreningar hava i ett flertal fall sammanslutit sig till länsföreningar.

Staten har under en följd av år ställt ett anslag till länsstyrelsernas förfogande såsom bidrag till befrämjandet av en rationell elektrifiering, exempelvis genom anställande av länskonsulenter. Vidare har staten uppmuntrat rörelsen genom att inrätta en lånefond — med ett kapitalbelopp av f. n. 7 500 000 kr. — för ledningsnätens utbyggnad. En annan statslånefond, stor 4 000 000 kr., är inrättad för lämnande av lån till kraftverksutbyggnader.

I Diskussionen til de to sidste Foredrag deltog C. Hentzen, W. Borgquist, I. C. Holst og M. K. Landtmanson.



## Sektion II.

Ordstyrer: Prof. P. O. Pedersen.

*P. V. Christensen*, København: Telefoncentralers Automatisering.

Efter en kortfattet historisk Oversigt gjordes Rede for de hel- og halvautomatiske Systemers Natur. Dernæst vistes, hvorledes et fra en Abonnent udgaaende Opkald gennem serieforbundne Retningsvælgere finder Vej gennem Systemets Forgreninger til den ønskede Abonnent, og hvorledes Systemets Kapacitet og Trunkliniernes Antal afhænger af de benyttede Vælgerkonstruktioner. Herefter beskrevs kortelig de forskellige kendte Vælgerkonstruktioner. Efter en sammenlignende Redegørelse over Fordele og Mangler ved manuelle og automatiske Systemer afsluttedes med nogle økonomiske Betragtninger og vistes, hvorledes Valget af System maa afhænge af lokale, tekniske, sociale og finansielle Forhold.

I Diskussionen deltog: R. Skancke.

*A. Erlang*, København: Sandsynlighedsregningens Anvendelse i Telefondrift.

Efter en foreløbig Karakteristik af Opgavernes Art omtaltes forskellige (navnlig de ældste) teoretiske Bidrag til deres Løsning. — Derpaa begyndte en systematisk Fremstilling med en udførlig Formelsamling samt Resultater i Tabel- eller Kurveform (ogsaa Resultater af nogle simple Eksperimenter); med Hensyn til Bevismetoderne henvistes til forskellige trykte Arbejder af Taleren (Nyt Tidsskr. f. Mat. 1909; Elektrotekniker 1917; E. T. Z. 1918; Post Off. Electr. Eng. J. 1918; Mat. Tidsskr. 1920). — Først omtaltes Loven for »Kaldenes« Fordeling i Tiden, dernæst Fordelingsloven for Samtalelængderne under forskellige Forhold. — Derpaa fulgte Løsningen af den første Hovedopgave, Bestemmelsen af Sandsynligheden for Hindring eller Spærring (alle Ledninger i Gruppen optagne). Hertil føjedes Løsningen af en beslægtet Opgave hvor Samtalernes Vej udgøres af et mere sammensat Ledningssystem; endvidere af det for Automatikken vigtige Problem, hvor Vælgernes Kontaktantal er mindre end Antallet af Ledninger. — Herefter fulgte Omtalen af den anden Hovedopgave, angaaende Ventetider (dels Sandsynligheden for en Ventetid over en vis Størrelse, dels den gennemsnitlige Ventetid); det vistes, hvorledes Løsningen afhænger af Fordelingslovens Natur. — I et sidste Afsnit omtaltes en Række Opgaver af mere blandet eller sammensat Karakter, herunder et Grundlag for en Sammenligning af Systemer med og uden Venteindretning, endvidere en Række typiske Systemer og Fremgangsmaader til Fordeling af Arbejdet mellem Telefonistinderne paa en større Central, med Angivelse af Sandsynligheden for Ventetider af forskellige Størrelser o. s. v.

R. Skancke,<sup>1)</sup> Kristiania: Standardiseringens betydning for massefabrikationen, væsentlig med sikte paa fabrikation af svakstrømsapparater.

<sup>1)</sup> Overingeniør Skancke har af Mangel paa Tid ikke ønsket at udarbejde Manuskript til Trykning af Foredraget in extenso, hvorfor dette Foredrag mangler.

En av de største opgaver for industrien i vor tid er gennemførelsen av industriprodukternes standardisering. De største industrilande Amerika, England og Tyskland har allerede tat de indledende skridt til opgavens gennemførelse og de mindre lande blir derved ogsaa nødt til at ta saken op til drøftelse. Specielt paa elektroteknikkens omraade er en normalisering nødvendig.

Det er særlig krigsindustrien i de tidligere krigsførende lande, som nu har gjort spørsmålet aktuelt. Som forholdene nu utvikler sig blir industrien tvunget til større økonomi med hensyn til forbruk av raastoffer og til utførelse av produkterne med mindre arbeide samt til indskrænkning av administration og til øket produktion.

I foredraget blev paavist hvorledes standardiseringen var den vei, som vilde føre industrien ut av de største vanskeligheter og dette blev belyst ved et eksempel hentet fra svakstrømsindustrien i Norge.

Fredag d. 3. September 1920, Kl. 2 Eftm.

Ordstyrer: Dir. Ths. Norberg-Schulz.

*I. Öfverholm*, Stockholm: Järnvägs elektrifiering i Sverige.

(Dette Foredrag var anmeldt, men blev, da Foredragsholderen paa Grund af Sygdom ikke kunde deltage i Mødet, ikke holdt.

*C. A. Rossander*, Stockholm: Kraft- och bränslefrågan i Sverige.

I föredraget redogjordes först för importen av bränsle, framför allt stenkol, till Sverige under de senare åren samt för fördelningen av denna import för olika ändamål. Härfter lämnades en redogörelse för de inhemska tillgångarna på bränsle samt vattenkraft, varefter undersöktes i vad mån vattenkraften kan ersätta stenkolsimporten, varvid resultatet blir att man, om vattenkraften i största möjliga utsträckning kommer till användning för detta ändamål, kan påräkna en minskning av stenkolsimporten med c:a 45 pCt.

Vidare undersöktes möjligheten att genom bättre utnyttjande av de inhemska bränsletillgångarna även kunna nedbringa bränsleimporten.

*T. F. Krarup*, København: Stærkstrømslovgivning i Danmark.

*B. Traneus*, Stockholm: Elektriska Standardiserings-Kommittéen, dess organisation och arbetsresultat.

Världskrigets förstörelse har nödvändiggjort ökad produktion. Ett medel härför är standardisering, varför de flesta kulturländer skapat organisationer i detta syfte. Sveriges Elektriska Standardiseringskommitté är organiserad efter utländska förebilder, sålunda med en granskande och beslutande centralkommitté samt utskott för olika arbetsuppgifter. I bådadera äro såväl tillverkare som förbrukare och kontrollorgan representerade. Hittills äro sju utskott tillsatta, vars arbetsresultat måste anses tillfredsställande. Vederbörlig hänsyn tages till det utländska arbetet, dock synes föga utsikt föreligga för en internationell standardisering. I stället är ett samgående mellan olika grupper av länder tänkbart. De nordiska folken



bilda en naturlig intressegrupp, som kunde tänkas sam-arbeta även på standardiseringsområdet.

Under Mødet foreslog Mødets Formand følgende Resolution:

»Det første nordiske Elektrotekniker-møde i København 1920 udtaler Ønsket om, at der inden for hvert af de nordiske Lande nedsættes et Udvalg, som hertil Opgave at vedligeholde Forbindelsen med de i de øvrige Lande nedsatte Udvalg med det Formaal med regelmæssige Mellemlum at søge afholdt nordiske Elektroteknikermøder.«

Resolutionen vedtoges enstemmigt, og paa Forslag af Overingeniør Holst vedtoges det yderligere at henstille, at Organisationsudvalget i det Land, hvor Elektrotekniker-mødet sidst har været afholdt, inden et Aar efter dette Møde foranlediger Indkaldelse af alle Organisationsudvalgene til Forhandling om næste Møde. Naar Udvalgene er nedsat, bør der derfor tilgaa det danske Udvalg Meddelelse om Sammensætning af Udvalgene i de øvrige nordiske Lande.

Formanden afsluttede Mødet med en Tak til Foredragsholderne og Ordstyrerne.

### Selskabelige Sammenkomster m. m.

(Udførlige Referater herover saavel som over de af Damekomitéen arrangerede Udflugter o. l. se: Beretning om H. C. Ørsted Komitéens Virksomhed, København 1921).

Tirsdag d. 31. August Kl. 2 Em.

Fælles Aabningsmøde (for samtlige Deltagere i H. C. Ørsted-Mødet) paa Københavns Raadhus med Velkomsthilsen af H. C. Ørsted-Mødets Præsident, Dir. H. P. Prior og Festtale af Fru Dr. phil. Kirstine Meyer.

Kl. 6 Em.

Middag paa den kgl. Skydebane, hvortil Dansk Ingeniørforening, Den tekniske Forening og Elektroteknisk Forening, foruden Deltagerne i Elektroteknikermødet havde indbudt Repræsentanter for den Ørstedeske Familie.

Efter Middagen samledes en Del af Deltagerne i Tivoli, der holdt Fest til Ære for H. C. Ørsted-Mødet.

Onsdag d. 1. September Kl. 2 Em.

Universitetets Fest i Anledning af Hundreaarsdagen for Elektromagnetismens Opdagelse.

Paa Grund af Pladsforholdene var der kun udsendt et begrænset Antal Indbydelser.

Nogle af de udenlandske Gæster samt H. C. Ørsted-Mødets Præsident, Formændene for Fagmødernes Organisationsudvalg og Generalsekretæren var indbudt til Tafel hos Drs. Majestæter Kongen og Dronningen. Mødets Deltagere var om Aftenen indbudt af Scalateatrets Direktion til at overvære en Forestilling i Teatret.

Torsdag d. 2. September Kl. 6 Em.

Møde i Selskabet for Naturlærens Udbredelse med Foredrag af Inspektør M. C. Harding. Efter Mødet Banket i Odd Fellow Palæet. Deltagerne fik hver overrakt et Eksempplar af en Ørsted-Medaille, modelleret af Billedhugger, Medaillør ved den kgl. Mønt i København, Gunnar Jensen.

Fredag d. 3. September Kl. 7½ Em.

Afslutningsmøde paa Københavns Raadhus, hvor Formanden for Organisationsudvalget, Prof. P. O. Pedersen aflagde en kort Beretning om Mødets Forløb og oplæste den under Mødet vedtagne Resolution<sup>1)</sup>:

»Det første nordiske Elektrotekniker-møde i København 1920 udtaler Ønsket om, at der inden for hvert af de nordiske Lande nedsættes et Udvalg, som hertil Opgave at vedligeholde Forbindelsen med de i de øvrige Lande nedsatte Udvalg med det Formaal med regelmæssige Mellemlum at søge afholdt nordiske Elektroteknikermøder.«

Endvidere meddelte Prof. P. O. Pedersen, at Elektroteknikermødet den 1. September havde vedtaget følgende Resolution:

»Det første nordiske Elektrotekniker-møde i København 1920 udtaler sin Sympati for, at Ørstedes Navn knyttes til en i Praxis anvendt elektromagnetisk Enhed.«

Paa Forslag af H. C. Ørsted-Mødets Præsident sluttede det samlede Ørsted-Møde sig hertil ved at vedtage en saalydende Resolution:

»Det Nordiske H. C. Ørsted Møde i København 1920 udtaler sin Sympati for, at Ørstedes Navn knyttes til en elektromagnetisk Enhed.«

Efter Afslutningsmødet havde Københavns Kommunalbestyrelse indbudt Mødets Deltagere til en Aftenfest med staaende Souper.

<sup>1)</sup> Se ogsaa ovenfor under Mødeberetningen.





# FOREDRAG HOLDTE UNDER DET FØRSTE NORDISKE ELEKTROTEKNIKERMØDE 1920

FOREDRAGENE ER I ALT VÆSENTLIGT ORDNEDE I DEN RÆKKE-  
FØLGE, HVORI DE BLEV HOLDTE OG I OVERENSSTEMMELSE MED  
FORANSTAAENDE MØDEBERETNING, HVOR DER FINDES KORTE  
RESUMÉER AF FOREDRAGENES INDHOLD

# NORDISKE ELEKTROTJENIKERENHED 1920 FOREDRAG HOLDTE UNDER DET FØRSTE

Det første af de foretagne foredrag i den nordiske elektrotekniske enhed blev holdt af den danske elektrotekniker, som har været medlem af den nordiske elektrotekniske enhed i mange år, og som har været medlem af den nordiske elektrotekniske enhed i mange år, og som har været medlem af den nordiske elektrotekniske enhed i mange år.



## Meddelelse om de Skridt, der fra dansk Side paatænkes for at søge Ørsteds Navn knyttet til en international elektroteknisk Enhed.

Af Professor Abs. Larsen.

Mine Herrer!

Det er blevet Skik at hædre store Naturforskere's Minde ved at knytte deres Navn til Maaleenheder, og da helst til Enheder, der staar i Forbindelse med deres naturvidenskabelige Arbejder.

Denne Skik har navnlig vundet Hævd i Elektricitetslæren.

Som allerede omtalt af Mødets Præsident ved Aabningsmødet i gaar, har man fra dansk Side i Sinde i Anledning af Hundredeaarsjubilæet at søge H. C. Ørsted's Minde hædret ogsaa paa denne Maade.

De mest gængse Enheder er allerede belagte med Navne. Jeg skal blot nævne Ohm, Volt, Ampère, Coulomb og Farad, der allerede blev fastslaaede paa den elektriske Konference i Paris 1881.

Andre er senere kommet til. Som ganske faste kan man endnu nævne Joule, Watt og Henry.

Alle disse er Navne paa Enheder i det praktiske System.

Desuden kan man betragte som almindelig fastslaaede Gauss og Maxwell, der blev vedtagne paa Kongressen i Paris 1900 og siden har vundet almindelig Anerkendelse.

Der har været mange andre Forslag fremme, som ikke er blevet vedtagne. Ogsaa Ørsted's Navn har ved forskellige Lejligheder været bragt i Forslag, først til Enhed for Strømstyrke (Ampère), siden til forskellige magnetiske Enheder (magnetisk Ledningsevne, magnetisk Modstand) (Baillehache pag. 106).

Det, vi fra dansk Side nu gerne vilde søge gennemført, er, at Ørsted's Navn knyttes til en i Praxis anvendt, klar og simpel Enhed, om hvis Betydning der ikke hersker nogen Tvivl.

Man har nærmest tænkt at foreslaa, at »Ørsted« anvendes som Navn paa Enheden for elektrisk Feltstyrke i det praktiske System, saaledes at derefter

$$\text{Ørsted} = \frac{\text{Volt}}{\text{cm}}.$$

Denne Enhed vinder Aar for Aar mere i Betydning navnlig for den elektriske Styrkelære, efterhaanden

som man i Praxis kommer op paa højere og højere Spændinger.

Det vil utvivlsomt være en Fordel at have et særligt Navn for denne Enhed. Bl. a. vil man derved undgaa den Forveksling, der ellers let finder Sted mellem elektrisk Feltstyrke i det praktiske System og i det elektrostatiske System.

Paa den internationale Kongres i St. Louis 1904 blev Spiren lagt til den internationale elektrotekniske Kommission, som konstitueredes i 1906 og siden er bleven en permanent Institution med lokale Komiteer i 18 Lande.

Paa den internationale Kongres i Turin 1911 blev det den 13. Sept. vedtaget at anmode den internationale Kommission om at overtage det Hverv at organisere fremtidige elektrotekniske Kongresser i Samarbejde med de lokale Komiteer og de forskellige Landes tekniske Foreninger, og Kommissionen har paataget sig dette Hverv.

Den Danske Elektrotekniske Komité mener derfor, at den rigtige Vej vil være at indsende et motiveret Forslag om international Antagelse af Ørsted som Navn paa en i Praxis anvendt elektromagnetisk Enhed til den internationale Kommissions Centralbureau i London. Kommissionen vil da formentlig i et Cirkulære bringe Forslaget til samtlige Lokalkomiteers Kundskab, lade det behandle i Udvalget for Symboler og — forhaabentlig — paa et Plenarmøde anbefale det til endelig Vedtagelse paa en international Kongres.

Før Krigen haabede vi, at en endelig Vedtagelse kunde have fundet Sted paa en international Kongres her i København i 1920.

Nu kan det jo have længere Udsigter; men forhaabentlig vil det lette Forslaget paa dets Vej, om det kunde faa det nordiske H. C. Ørsted Mødes Anbefaling.

Jeg tillader mig derfor at stille Forslag om følgende Resolution:

»Det første nordiske Elektroteknikermøde i København 1920« udtaler sin Sympati for, at Ørsteds Navn knyttes til en i Praxis anvendt elektromagnetisk Enhed.

Absalon Larsen.



## Svenska statens kraftdistribution.

### Driftserfarenheter och utvecklingsplaner.

Av överdirektör W. Borgquist.

I följande föredrag lämnas en koncentrerad redogörelse för vid svenska statens kraftverk hittills vunna erfarenheter i fråga om olika anläggningsdelars driftsäkerhet ävensom för de huvudsakliga åtgärder, som vidtagits för att förbättra driftsäkerheten. I samband härmed undersökes i vad mån man med hänsyn till redan uppnådda resultat kan påräkna fullgod driftsäkerhet vid de projekterade stamlinjeföretagen.

Svenska staten har för närvarande fyra stora kraftdistributionssystem: Trollhätte, Motala, Älvkarleby och Porjus kraftverk. Den sammanlagda maskineffekten i dithörande kraftstationer är c:a 250.000 kilowatt. Anläggningarna omfatta för närvarande ett trettiotal större generatorenheter, c:a 300 transformatorer om 100—5.000 kVA samt c:a 5.000 km högspänningslinjer, varav c:a 1100 km för 70 à 80 kV driftspänning, c:a 800 km för 40 à 50 kV och c:a 3100 km för 10 à 20 kV.

De första av dessa anläggningar togos i drift för 10 år sedan och i genomsnitt har man nu 6 à 7 års driftserfarenheter från anläggningarna.

Det må i korthet fastställas, att driftsäkerheten vid själva vattenkraftanläggningarna incl. turbinerna varit nära nog idealisk. Med rimliga kostnader för isavledare och isgrindsuppvärmning kan man praktiskt taget undgå alla driftinskränkningar för denna del av en hydroelektrisk anläggning. Våra vattendrivna generatorer utvisa liknande gynnsamma driftresultat. På 135 generatorår har jag antecknat 1 st. statorlindningsfel, 2 st. rotorlindningsfel, vilka för övrigt berott på ogynnsamma yttre omständigheter, och 1 st. mekaniskt fel. Anmärkas bör att större delen av dessa generatorer utan mellankoppling av transformatorer mata luftledningsnät och sålunda äro utsatta för atmosfäriska överspänningar. Det är först då vi övergå till transformatorer, ställverk och högspänningslinjer, som vi få att göra med några verkligen besvärande störningar.

Jag brukar med hänsyn till orsaken indela våra störningar i fyra kategorier: personalfel, fel på grund af åverkan, mekaniska fel och elektriska fel.

Till personalfelen räknar jag felmanövrering, felinställning av reläer o. d. Det kan icke nekas att samtidigt som frekvensen av materialfel minskats har frekvensen av personalfel tidtals tenderat att ökas, så att i medeltal 2 à 3 st. — visserligen korta — avbrott per abonnent och år i regeln uppstått av denna orsak. I någon mån torde detta bero på driftens större omfattning, men framför allt på den under senare år alltmer framträdande svårigheten att erhålla kunnig personal. Det fordras tyd-

ligen icke endast att vi arbeta på fulländning av vår tekniska materiel och göra våra anläggningar möjligast enkla, utan jämväl att vi på allvar taga itu med uppfostran och fulländning av den mänskliga materielen. Det fordras med andra ord skolor för elektriska maskinister lika väl som för ångmaskinister.

Åverkan i brottslig avsikt har relativt sällan förekommit. I våra tider kan man dock icke blunda för den risk som ur denna synpunkt vidlåder långa kraftledninggar. Jag observerade för någon tid sedan i Ruhrområdet en kraftledning, vars kopparlinor — sannolikt efter kortslutning med en järnkedja — helt enkelt stulits bort av spartakisterna. — Av mera oskyldig men dock förargelsebringande art är den åverkan, som ofta uppstår vid trädfällning och stensprängning invid linjerna. Rikligt tilltagna skogsgator äro därför oundgängligen nödvändiga vid viktigare linjer.

Av de i allmänhet rätt oväsentliga mekaniska felen vid transformatorstationerna torde här endast de bristfälligheter förtjäna omnämnas, som någon gång uppstå vid transformatorernas kylvattenspiraler; dessa äro särskilt farliga därför att de kunna leda till överledning mellan hög- och lågspänningslindningarna med ty ätföljande risk för förödelse vid lågspänningsanläggningen. Erfarenheten lär att dylika fel kunna uppstå under driften vid skarvar eller krökar även om spiralerna tryckprovats vid verkstaden med vatten av några atm. tryck. Lämpligt torde vara att övergå till provning med tryckluft av t. ex. 10 atm. med spiralen nedsänkt i olja eller vatten, då även de minsta fel giva sig tillkänna, samt att eventuellt upprepa detta prov, som är mycket lätt att utföra, även efter transformatorernas igångsättning.

Vid vattenfallsstyrelsens primärinjer hava mig veterligt stolpskador endast förekommit vid två tillfällen. Vid en äldre med veka bärstolpar utrustad hängisolatorlinje hade den stagande jordlinan skarvats icke i stolparna utan ute på spannet. Under en snöstorm brusto några dylika skarvar med den påföljd att en del stolpar brötos ned. Vid det andra fallet föranleddes stolpskadan av grov värdslöshet vid utbyte av linorna och inskränkte sig till toppen å en stolpe. De normer som tillämpas för stolpberäkning synas sålunda i stort sett hava varit betryggande trots att normerna från början uppställts utan att någon särskild hänsyn tagits till is- och snöbelastningar, vilka för ett tiotal år sedan icke ansågos förekomma vid högspända kraftledningar. På grund av sistnämnda uppfattning blevo åtskilliga av vattenfallsstyrelsens första kraftledningar utförda med väsentligt större — i enstaka fall intill 100 procent större — spänvidder än som vatten-



fallsstyrelsen nu anser förenligt med riskfri drift. Numera söka vi begränsa spännvidden till

|                                                    |  |
|----------------------------------------------------|--|
| 80 meter vid 16 mm <sup>2</sup> area <sup>1)</sup> |  |
| 125 » » 25 » »                                     |  |
| 160 » » 35 » »                                     |  |
| 225 » » 70 » »                                     |  |

Driftsäkerheten är emellertid i sista hand en ekonomisk fråga och en lämplighetsfråga och vi hava även i senare tid i vissa fall ansett oss böra något frånga dessa strängare normer samt använda något större spännvidder för ernående av billigare linjer och minskad åtgång å isolatorer och koppar. Detta var framför allt behöfligt under kriget.

Efter det ovan sagda bör det icke väcka förvåning att vi vid vissa linjer haft linbrott på grund av mekanisk överbelastning. Det är märkvärdigare att dessa linbrott varit så relativt få. Detta beror naturligtvis till väsentlig grad därpå att hårddragen koppar kan, utan att dess brothållfasthet nämnvärt påverkas, tillfälligtvis belastas väsentligt utöver proportionalitetsgränsen (upp till 30 å 35 kg per mm<sup>2</sup>). Genom insättning av nya stolpar å alla exceptionellt långa spann och genom successivt utbyte av klenare ledningar mot grövre sådana hoppas vi framdeles alldeles komma från dessa mekaniska fel.

Ett av de svåraste mekaniska problemen vid en kraftledning är den inbördes placeringen af ledningarna å en stolpe. Vid stödisolatorlinjer med måttlig spännvidd är denna fråga av mindre betydelse, ty ledningarna röra sig vid dylika ledningar nästan likformigt, även om de utsättas för ojämna snö- och isbelastningar. Vid hängisolatorlinjer är däremot frågan betydligt mera komplicerad, emedan linans upphängningspunkter äro rörliga i linjeriktningen. Det är numera allmänt bekant, att man vid rimfrostbelastning lätt erhåller kontakt mellan ovanför varandra liggande ledningar, om den undre ledningen bitvis avlastas från sin rimfrost, i synnerhet om detta sker hastigt, medan den övre ännu är belagd med rimfrost. I någon mån kunna liknande företeelser uppkomma i hori-

sontal riktning, om ledningarna beläggas med olikformigt lager av isbark och utsättas för storm vinkelrätt mot linjen.

Med hänsyn till denna sammanslagningsrisk undviker man numera vid hängisolatorlinjer att lägga ledningar mitt över varandra och bör i möjligaste mån söka placera ledningarna i ett och samma horisontala plan. Dessa synpunkter voro okända i början av vattenfallsstyrelsens verksamhet, och därför blevo de första hängisolatorlinjerna i detta avseende olämpligt byggda med den påföljd, att emellanåt sammanslagningar förekommit. Vi hava funnit det lämpligast att omändra isolatorplaceringen, och detta har kunnat verkställas med ganska måttliga kostnader. Vattenfallsstyrelsen har genom särskilda sakkunniga låtit granska dessa erfarenheter och uppställa förslag till reviderade linjenormer, vilka nästkommande vinter bliva tillgängliga i tryck.<sup>1)</sup>

Över huvud taget torde de mekaniska felen vara lätt överkomliga. Det är de elektriska felen, som både till antal och beskaffenhet bereda mest svårigheter.

Jag gjorde för några år sedan en sammanställning över de elektriska felens fördelning på årets olika månader. Det visade sig, att under vintermånaderna inga andra fel förekommo än sådana som berodde på uppenbar felfällverkning. Felfrekvensen ökades under vårmånaderna, nådde sitt maximum under sommarens mitt och avtog successivt under hösten. Detta bekräftar till fullo, att det är de atmosfäriska överspänningarna, som föranleda de elektriska felen i våra anläggningar, och att det i stort sett endast är dessa vi hava att frukta för.

Det är ju det svåra i saken, att man relativt litet känner till storleken och karaktären hos de atmosfäriska överspänningarna. För att vinna ökad klarhet i detta hänseende har vattenfallsstyrelsen under de tre sista somrarna gjort omfattande kontinuerliga mätningar av luftpotentialen i närheten av Uppsala. Dessa försök hava utförts av Doktor H. Norinder och skola under den närmaste tiden publiceras<sup>2)</sup>. Mätningarna hava givit vid handen, att den atmosfäriska potentialgradienten i närheten av jordytan under åskväder är enormt mycket större än man förut uppskattningsvis antagit (nämligen högst c:a 20 kV per meter). Det har vid ett tillfälle uppmätts 275 kV spänning per meter (motsvarande 200 kV effektiv sinusformad växelspanning). Detta förefaller ju rätt dystert. Det bör emellertid nämnas, att i närheten av mätningpunkten befintliga och för 200 kV provspänning isolerade anläggningar under åskvädet i fråga arbetat utan störningar, vilket tyder på att blixurladdningarna skett relativt långsamt. Våra försök hava hittills varit närmast inriktade på registrering av potentialgradientens storlek och åskvädersfältens utbredning, men det har ytterligare på sista tiden utarbetats en metod för noggrann analys av fältstyrkans förändringar vid blixurladdningarna. Om dessa

<sup>1)</sup> Sedan detta föredrag nedskrevs, hava vattenfallsstyrelsens linjer varit utsatta för tvenne starka isbarksstormar, nämligen den 17 januari och 23 oktober 1921. Särskilt den senare stormen var mycket våldsam och medförde isbarksbelastningar, som tidigare icke torde ha uppträtt å kraftledningar i Sverige. Så uppgick t. ex. isbarksdiametern å primärlinjerna inom Trollhätte kraftverks distributionsområde till 75 å 90, i undantagsfall 110 mm, med en volymvikt av 0,6 å 0,5 vid en samtidig maximal vindhastighet av cirka 30 m/sek. Dessa belastningar äro 50 å 100 % större än de, som tidigare iakttagits å kraftledning. Vid dessa tillfällen inträffade även ganska omfattande skador å primärlinjerna, dock huvudsakligen å de äldre Trollhättelinjerna, vilka byggts efter lindrigare normer än dem, som senare tillämpats vid vattenfallsstyrelsen, och där, som ovan angivits, spännvidderna väsentligt överstiga dem som numera tillåtas för nya linjer. På grund av erfarenheterna från dessa stormar komma de hittills använda normerna att något skärpas beträffande Trollhätte kraftverks linjer, särskilt för sådana delar av linjerna, som äro belägna å mera utsatta sträckor, t. ex. å öppna slätter eller kala berg, och där linjeriktningen är vinkelrät mot den under snöstormar förekommande vindriktningen.

<sup>1)</sup> Tekniska Meddelanden från Kungl. Vattenfallsstyrelsen Ser. E. Nr 2 Utredningar och förslag till normer för elektriska linjebyggnader Stockholm <sup>2</sup>/<sub>3</sub> 1921. Pris 12:— kr. genom AB. Fritzes Hovbokhandel, Stockholm.

<sup>2)</sup> Tekniska meddelanden från Kungl. Vattenfallsstyrelsen Ser. E Nr 1 H. Norinder: Undersökningar över det luftelektriska fältet vid åskväder. Stockholm <sup>2</sup>/<sub>3</sub> 1921. Pris 5:— kr. genom AB. Fritzes Hovbokhandel, Stockholm.



försök lyckas, torde man erhålla väsentligt bättre förutsättningar för de atmosfäriska överspänningarnas bedömande.

Vid vattenfallsstyrelsens tidigare anläggningar har i stort sett eftersträfvats en viss jämn enligt dåvarande begrepp riklig isolationshållfasthet. Vid dessa anläggningar hava isolationsfel framför allt uppträtt å linjerna. De förhållandevis färre stationsfelen hava varit ganska jämt fördelade på ställverkens stödisolatorer och genomföringar samt i vissa fall transformatorerna.

Vid våra senare anläggningar hava vi strävat efter en så fördelad isolationshållfasthet, att felen skulle koncentreras till ställverkens stödisolatorer, som sålunda, om än i och för sig kraftigt isolerade, dock skulle vara den svagaste punkten i anläggningarna. Alla genomföringar skulle vara utförda med större isolationshållfasthet, emedan de föranleda mera långvariga avbrott, om de skadas, så ock alla serie-apparater för strömmen. Transformatorlindningarna skulle för kortvariga överspänningar vara ännu säkrare än transformatorernas genomföringar. Linjeisolorerna skulle slutligen vara möjligast överstarka. Det är samma normer, som sedermera preliminärt accepterats av Svenska Teknologföreningen.

Driftresultaten hava så tillvida stämt med våra avsikter som felen med få undantag koncentrerats till stationerna, utan att dock felen därstädes blivit avsevärda till antalet. På grund av att en del under de senaste krigsåren levererad materiel, bl. a. vissa transformatorer, icke motsvarat våra fordringar, hava dock fel förekommit även på andra delar än stödisolatorerna. Emellertid kommer denna sämre materiel att utbytas eller förbättras, så att vi om möjligt nå vad vi åsyftat.

Vi arbeta utan hornåskledare eller liknande överspänningsskydd i våra under senare år byggda anläggningar. Det har ofta riktats till mig den frågan, varför vi icke föredraga att använda direkt jordade hornåskledare som skydd i stället för våra ställverksstödisolatorer, som vi ju dock kunna få förstörda. Skälen härtill äro dels att hornåskledarna, om de skola utgöra tillförlitligt skydd för ställverket, måste inställas på högst c:a 80 procent av ställverksisolorernas överslagsspänning, d. v. s. att man måste icke oväsentligt sänka säkerhetsgraden hos anläggningen, dels att hornåskledare med luftgniststräcka på grund av mindre gnistförsening bliva känsliga även för sådana mycket kortvariga överspänningar, som äro praktiskt taget ofarliga för övriga anläggningsdelar. På grund av båda dessa förhållanden skulle man med hornåskledare erhålla urkopplingar i många fall, då man eljest skulle sluppit ifrån sådana.

Beträffande den använda materielen må i övrigt anföras följande. I våra anläggningar hava vi i drift ett 50-tal större enfastransformatorer om 4 000 å 5 000 kVA och 50—70 kV. Sex av dessa hava levererats utan tillbörlig säkerhet mot kortslutningar och måste ombyggas. Å övriga enfastransformatorer, representerande c:a 250 transformatorår, hava hittills icke förekommit mer än ett elektriskt fel. Vid vissa leveranser av trefasiga transformatorer för 50 kV och 1 000 å 2 000 kVA, har det heller aldrig förekommit elektriska fel och förhållandet är ungefär detsamma vid 70 kV systemet. Andra leveranser av trefasiga transformatorer för dessa spänningar,

härörande dels från de tidigaste anläggningarna, dels från krigsåren, visa däremot en oerhörd felfrekvens — c:a 40 fel per 100 transformatorår.

Vid våra massbeställningar av tertiärtransformatorer för 20 kV och c:a 100 kVA, hava vi haft liknande varierande resultat. Vi ha leveranser, fullgjorda i början av kriget, där det icke förekommit något enda fel eller där felfrekvensen utgjort 2 å 3 fel per 100 transformatorår. Andra leveranser efter samma normer, men fullgjorda under slutet av kriget, uppvisa 15, 25, 40 resp. 65 fel per 100 transformatorår. Jag anser mig därav kunna draga den slutsatsen, att vattenfallsstyrelsens normer för transformatorer, som icke väsentligt avvika från de preliminärt av Svenska Teknologföreningen antagna, vid samvetsgrant och ur mekanisk synpunkt gott utförande lämna ett tillfredsställande resultat, men att de dock icke äro strängare än att man under vidriga förhållanden riskerar att få mindre goda transformatorer. Det synes vidare vara möjligt att till rimligt pris erhålla transformatorer med endast 3 procent felfrekvens eller därunder. Man kan alltså uppställa fordran på så låg felfrekvens för goda transformatorer. För egen del skulle jag vilja bland medelmåttiga transformatorer intränga alla, där felfrekvensen ligger mellan 3 och 10 procent, och med undermåliga beteckna alla sådana, där felfrekvensen är större än 10 procent.

Vad ställverken beträffar har driftstörningsstatistiken visat betydelsen av att strömtransformatorerna för mindre avgreningar utföras med så riklig lindningsarea, att de få förekommande kortslutningar och att oljemotstånd böra utföras och kontrolleras med den största omsorg på grund av deras benägenhet att vilja förorsaka oljeeldsvådor.

Fel å oljeströmbrytare hava varit ytterst sällsynta och brytningarna synas försiggå med den största lätthet vid de högre spänningarna — 40 kV och därutöver. Vid de lägre spänningarna — 6 och 10 kV — äro brytnings-svårigheterna uppenbarligen väsentligt större, och exempel finnas på strömbrytareexplosioner, där alltför små typer använts.

Samtliga våra högspänningslinjer för 40 kV och spänningar därunder samt en del av våra 50 kV linjer äro byggda med stödisolatorer. Dessa isolatorer hava visat sig jämförelsevis goda, intill dess vi för några månader sedan vid företagen inspektion av vår äldsta stödisolatorlinje, byggd år 1908, överraskades av att c:a 3 procent av isolatorerna under sist förflutna året erhållit mindre defekter, så att de behövde utbytas. Om detta utgör ett förbud till att samtliga stödisolatorer vid liknande ålder skola bliva sjukliga, vill jag lämna därhän. Naturligtvis hava vi icke kunnat ernå samma driftsäkerhet å stödisolatorlinjerna som på våra nyare hängisolatorlinjer. Detta är ju med hänsyn till stödisolatorns begränsade överslagsspänning icke möjligt. Emellertid hava vi kommit därhän, att de elektriska felen, bland vilka jag medräknar alla fel, vilkas anledning icke kunnat konstateras, uppgått till ett fel per 80 km.år. Å vissa med trämaster byggda 40 och 50 kV ledningar har driftresultatet i det närmaste varit lika gott, men däremot hava de med järnstolpar byggda 50 kV ledningarna utvisat ett betydligt större antal fel. Så har exempelvis antalet elektriska störningar å den 70



km långa dubbellinjen Trollhättan-Skara utgjort ungefär ett fel per 20 km.år.

För 70 kV linjerna hava genomgående använts hängisolatorer med normalt 6 enheter i serie, och för 50 kV linjerna hava ävenledes hängisolatorer i stor utsträckning kommit till användning. Det skulle föra mig alltför långt, om jag försökte här i detalj redogöra för vårt arbete beträffande dessa hängisolatorer. Nämnas bör emellertid att de isolatorer, som redan för c:a 10 år sedan anskaffades för vissa Trollhättelinjer, ännu äro i drift och utvisat en måttlig felfrekvens, ehuru det visat sig vara lämpligast att överflytta dem till linjer med måttlig ledningsarea på grund av isolatorernas relativt låga mekaniska draghållfasthet. Samma gynnsamma resultat synes hava uppnåtts vid åtminstone flertalet av de leveranser, som verkställt fr. o. m. 1914, ehuru väl några under de senaste krigsåren levererade partier visat sig vara av sämre kvalitet. Däremot hava isolatorer, som beställts under åren 1912 og 1913 varit av så dålig beskaffenhet, att de genomgående måst utbytas. Skillnaden i driftresultat torde intimt sammanhånga med såväl formgivningen å isolatorerna som sättet för hopkittningen. Tiden tillåter mig dock icke att längre uppehålla mig vid denna utomordentligt viktiga fråga. Å de med 6-klockiga isolatorer försedda linjerna hava driftresultaten varit utmärkt goda. Mig veterligt har på hela vattenfallsstyrelsens nät endast förekommit tre avbrott på grund av isolatorfel. Det totala antalet störningar vid 70 kV linjerna har för övrigt vid Porjus kraftverk icke uppgått till mer än ett fel per 100 km.år och vid Älvkarleby till endast ett fel per 500 km.år.

I motsats därtill har driftresultatet vid linjer med 2- och 3-klockiga hängisolatorer varit tämligen medelmåttigt, vilket dock till stor del kan bero på att ifrågavarande linjer hava varit belägna vid västkusten och därför utsatta för salthaltiga stormar. I själva verket har antalet störningar å linjen mellan Trollhättan och Göteborg före dennas ombyggnad uppgått till icke mindre än ett per 6 km.år (alltså c:a 100 gånger flera än å Älvkarleby kraftverks 70 kV linjer) och därvid har största antalet bestått av isolatorfel. Ifrågavarande isolatorer utbytas emellertid nu mot 5-klockiga hängisolatorer.

Den på grund av driftstörningar förlorade drifttiden kan i viss mån anses vara ett mått på driftsäkerheten. Jag vill icke underlåta att nämna, att denna förlorade drifttid i genomsnitt varit rätt avsevärd, nämligen c:a 0,2 procent, d. v. s. 17 timmar per år, men vid bedömandet av dessa siffror må hänsyn tagas därtill, att man otvivelaktigt kunde till stor del hava undvikit dessa störningar,

ifall man från början förfogat över den nuvarande erfarenheten och man vidare under kriget kunnat erhålla material i obegränsad omfattning och slutligen samt framför allt verkligen haft grund till att eftersträva en fullkomlig driftsäkerhet. Det lönar sig nämligen icke alltid att allt för mycket skärpa driftsäkerhetsfordringarna. Abonnenter, som äga egna reservcentraler, vilja mången gång hellre hava kraften levererad medelst enkelledning, även om det med hänsyn till överföringslängden skulle behövas dubbelledning för ernående av fullgod driftsäkerhet. Och många andra dylika exempel kunna anföras.

Allt som allt synas driftresultaten giva vid handen, att man kan med rimliga kostnader åstadkomma både driftsäkra linjer och driftsäkra stationer, även om man vad linjerna beträffar eventuellt får räkna med regelbunden inspektion av isolatorerna och utbyte av skadade enheter. Detta utbyte är visserligen rätt tidsödande och vållar en del kostnader, men sedan man lärt sig att undersöka isolatorerna på spänningsförande linjer låta sig dylika utbyten verkställas utan större svårighet även å enkellinjer.

Med stöd av de gjorda erfarenheterna har vattenfallsstyrelsen ansett sig kunna med god tillförsikt projektera ett stamlinjenät genom Sverige för sammanknytning av statens kraftstationer i mellersta och södra delarna av landet och för framtida överföring av energi från nordliga till sydliga delar av landet. Den första delen av detta stamlinjenät, nämligen ledningen mellan Trollhättan och Västerås, är nu under byggnad och skall tagas i drift i slutet av nästa år. Den bygges med järnstolpar (på vissa sträckor betongstolpar) för 4 linor av 300 mm<sup>2</sup> area och 200 kV spänning, ehuru tillsvidare endast 70 mm<sup>2</sup> linor komma att uppläggas och endast 130 kV spänning skall användas. Inom ett fåtal år torde denna linje komma att fortsättas från Västerås norr ut till de vattenfall, staten äger i nedre Norrland, för överföring av kraft från dessa till mellersta Sverige. Ytterligare är tänkt, att stamlinjenätet skall kompletteras med ledning dels från Trollhättan till Skåne, dels från Örebro till mitten av Östergötland, ehuru den lämpliga tiden för dessa ledningars byggande ännu icke kan fastställas. Den ekonomiska förutsättningen för dessa kraftledningar är i första rummet, att ett tillräckligt energibelopp behöver överföras. En kraftledning för 200 kV bör bliva ekonomisk, då kraftbeloppet uppgår till 50 000 å 100 000 kW, en kraftledning för 130 kV vid ungefär hälften av detta belopp. En annan föga mindre viktig förutsättning är, att man kan påräkna fullgod driftsäkerhet, och att detta är möjligt hoppas jag hava visat med de här anförda erfarenheterna.



## Elektricitetens anvendelse i Norge og dens fremtidsmuligheter.

Af Ingeniør Jacob Prebensen Nissen.

Norsk Elektroteknisk Komite har anmodet mig om at meddele en oversigt over elektricitetens anvendelse i Norge og dens fremtidsmuligheter.

Anvendelsen til telegraf, telefon og lignende ligger udenfor rammen af dette foredrag, som jeg begrænser til at omfatte anvendelsen til belysning, drivkraft, varme og elektrokemisk industri, med andre ord til den anvendelse vi gjør av elektriciteten ved vore elektricitetsverker og de industrielle kraftanlæg.

Det er iaar 35 aar siden det første elektricitetsverk i Norge sattes i drift, idet der i 1885 igangsattes et elektricitetsverk i Skien med 2 dynamoer hver for 120 lamper.

Dette anlæg blev allerede i 1889 erstattet med et større anlæg, men det næste elektricitetsverk i Norge kom først i drift i 1891, idet da Hammerfest, som er Norges og dermed jordens nordligste by, igangsatte sit elektricitetsverk.

Aaret efter kom Kristiania, i 1894 Lillehammer og i 1898 elektricitetsverkerne i Tromsø og Frederiksstad. Der hengik saaledes 13 aar, inden der var elektricitetsverker i 5 av landets byer.

Senere har udviklingen gaaet raskere, og iaar er der elektricitetsverker i alle landets byer med undtagelse av en av de allermindste samt for en stor del i de tættest befolkede landsbygder.

Ved siden av disse elektricitetsverker, som er anlagt for at sælge elektricitet til byernes og bygdernes indvaanere, er der ogsaa utført en hel del mindre elektriske anlæg til belysning og kraftfordeling inden enkelte fabrikker og større bygninger samt fra omkring 1900 ogsaa enkelte større kraftanlæg for elektrokemiske bedrifter.

En oversigt over den udvikling, som er foregaaet, faar man av de i fig. 1 gjengivne grafiske tabeller, der er opsat paa grundlag av de officielle indberetninger fra elektricitetsvæsenets tilsynsmænd for tiden efter 1906. For de tidligere aar foreligger ikke helt sikre opgaver, og jeg har derfor optegnet disse dele av kurverne med punkterede linjer.

De øverste kurver i fig. 1 angir den totale ydelse i kW. av de i drift værende generatorer i Norge samt det totale antal anlæg. Herved er dog at bemærke, at ethvert anlæg, der er anmeldt som eget anlæg, er medregnet i antallet, hvad enten det har egne generatorer eller arbejder med leiet kraft. Den samlede generatorydelse fordeles sig saaledes i virkeligheden paa et mindre antal kraftanlæg.

Den næste kurve angir antallet av elektriske motorer og deres energiforbrug i kW.

Den tredie kurve angir antallet av elektriske lamper og deres samlede energiforbrug.

Den fjerde kurve hvor meget elektrisk energi der er anvendt til elektrokemisk industri, og den sidste kurve hvor meget der er anvendt til andre øiemed, hvortil henregnes elektriske varme- og kokeapparater m. v.

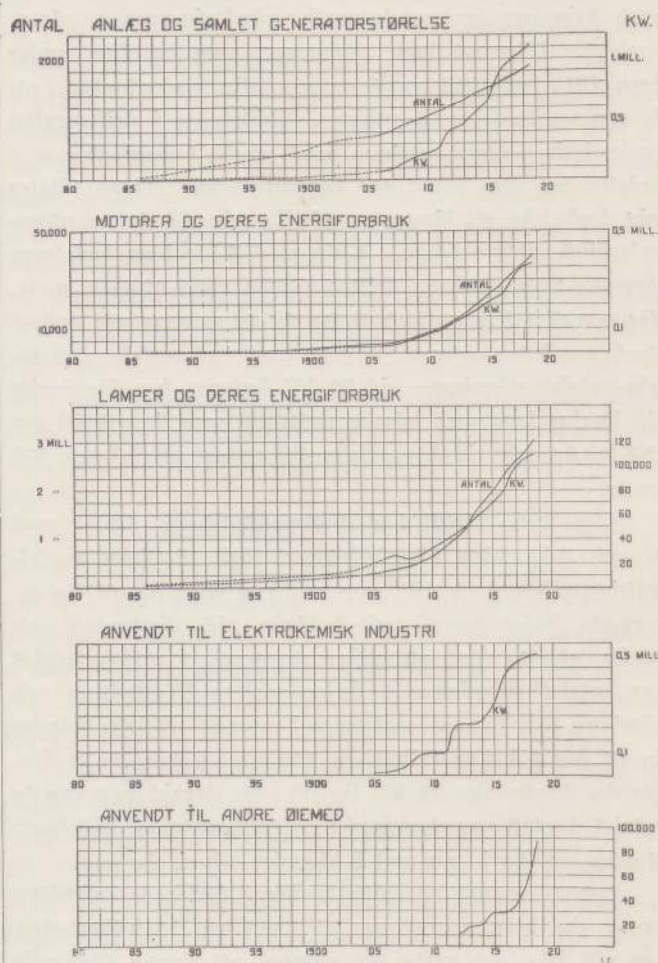


Fig. 1.

Det sees av disse kurver, at udviklingen fra den første begyndelse omkring 1885 gik langsomt, men meget jevnt fremover til omkring aaret 1907. Da gik lampernes energiforbrug som følge av overgang til metaltraadlamper noget tilbage, tiltrods for at lampernes antal fremdeles tiltog.

Det er utvilsomt, at indførelsen av metaltraadlamperne, som altsaa til at begynde med medførte en tilbagegang i energiforbruget, i høj grad har bidraget til, at udviklingen efter den tid gik saa meget raskere frem end tidligere; thi efter indførelsen av metaltraadlamperne blev det elektriske lys saa billig, at det kunde opta konkurransen med et hvilket som helst andet belysningsmiddel, og som følge herav opstod da ikke alene spørgsmaal om



anlæg av flere nye elektricitetsverker, men ogsaa om at utstrække elektricitetsverkernes ledningsnet til mindre tæt bebyggede bydele og landdistrikter.

Med denne større utstrækning av elektricitetsverkernes ledningsnet fulgte ogsaa en øket anvendelse av elektriciteten i andre øiemed, særlig da til drivkraft, og som følge herav gik ikke alene anvendelsen til belysning men ogsaa anvendelsen til drivkraft raskere frem efter 1907 end i de tidligere aar.

Samtidig kom der ogsaa større fart i utviklingen av den elektrokemiske industri, specielt fordi det første anlæg til industriel fremstilling av kalksalpeter efter den Birkeland-Eyde'ske metode kom i drift i aarene 1907—1909.

Den samlede anvendelse til elektrokemisk industri gik saaledes i disse 2 aar frem fra ca. 18 000 kW. til ca. 90 000 kW. eller til det 5-dobbelte.

Som følge av denne økede anvendelse til alle øiemed steg ogsaa generatorernes samlede ydelsesevne betydelig raskere efter 1907. Den var fra 1885 til 1907 kun steget til vel 80 000 kW. og gik fra 1907 til 1911 frem til ca. 260 000 kW. eller med gjennomsnittlig 45 000 kW. pr. aar.

Omkring aaret 1911 er der et nytt utpræget knæk opad i kurven for den samlede generatorydelse, og dette skyldes, som det vil sees av de øvrige kurver, ikke alene at anvendelsen til den elektrokemiske industri da tog øket fart, men ogsaa at anvendelsen til de andre øiemed steg i sterkere grad end før.

Specielt stiger den sidste kurve, der er betegnet som anvendt til andre øiemed, meget sterkt fra 1916—18, idet den da gik frem fra ca. 30 000 kW. til ca. 90 000 kW., altsaa med ca. 30 000 kW. pr. aar.

Den aller væsentligste del herav er gaaet til kokning og opvarmning, og denne stigning skyldes sikkert de av krigen skapte forhold.

Elektricitetspriserne ved alle de ældre anlæg holdt sig nemlig længe uforandret og er først i de senere aar øket noget, men ikke tilnærmelsesvis saa meget, som kul- og vedpriserne er steget.

I aarene 1916—17 gik ogsaa anvendelsen til belysning og drivkraft noget raskere frem end tidligere, men forøvrigt kan jeg ikke finde, at utviklingen paa dette omraade i nogen væsentlig grad har været paavirket av krigskonjunkturerne.

I de aller seneste aar har dog ikke anvendelsen til elektrokemisk industri øket fuldt saa rask som i de nærmest foregaaende aar, og dette har kompensert den raskere stigning i forbruket til kokning og opvarmning, saaledes at den samlede anvendelse, som her er uttrykt ved samlet generatorstørrelse (den øverste kurve i fig. 1), er gaaet meget jevnt frem helt fra 1911.

Dette sees bedre av fig. 2, hvor generatorernes ydelsesevne i kW. og anvendelsen til de forskjellige øiemed er sammenstillet.

Den øverste linje betegner her summen av de installerte generatorers ydelsesevne i kW. fra 1905 og utover til den 1. januar 1919.

Det øverste felt angir det antal kW., der er anvendt til elektrokemisk industri, det nederste felt summen av de installerte lampers energiforbruk, det næst nederste felt sum-

men av motorernes energiforbruk og det tredje felt de andre øiemed som koke- og varmeapparater etc. Hvad der blir igjen mellom dette felt og den elektrokemiske industri angir saaledes overskuddet av generatorkapacitet eller generatorreserven.

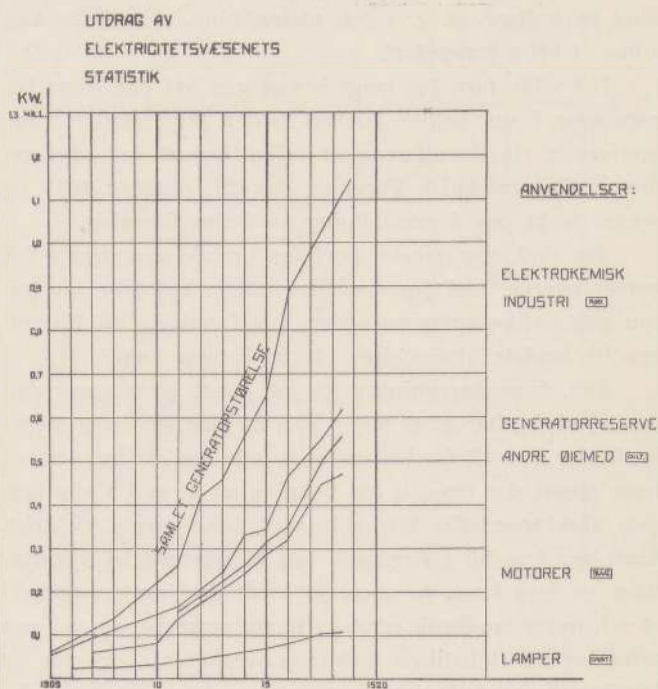


Fig. 2.

At utviklingen fra aaret 1911 ikke alene er gaaet meget jevnt frem, men ogsaa raskere end i de tidligere aar, sees tydelig av disse kurver.

Fra 30. Juni 1911—31. Decbr. 1918, altsaa i  $7\frac{1}{2}$  aar, gik generatorydelsen frem med 857 000 kW. eller gjennomsnittlig 114 000 kW. pr. aar, anvendelsen til elektrokemisk industri 404 000 kW. eller gjennomsnittlig 53 800 kW. pr. aar og summen av de installerte lamper, motorer og andre apparater med 407 000 kW. eller gjennomsnittlig 54 200 kW. pr. aar.

Før 1911 var anvendelsen til den elektrokemiske industri relativt mindre, men efter den tid er denne anvendelse gaaet frem nøiagtig like saa meget som det samlede energiforbruk til belysning, drivkraft og andre øiemed, hvilket jeg i det følgende sammenfatter under fellesbetegnelsen elektricitetsforsyningen.

Da utviklingen tog den fart, som jeg nu har paavist, at den har gjort særlig efter 1911, saa opstod naturlig det spørsmaal, om landets vandkraft vilde være tilstrækkelig for en fortsat utvikling i samme spor, idet jo praktisk talt al elektrisk energi i Norge fremstilles ved vandkraft, og det er av dennes tilstrækkelighet, at vore fremtidsmuligheter paa dette omraade avhænger.

Vi er alle enige om, at landets almindelige elektricitetsforsyning maa ha en fortrinnsret til at udbytte de for dette øiemed gunstigst beliggende vandfald. Særlig har jo verdenskrigen vist os, at det er en nationaløkonomisk opgave av den største betydning, om vi ved hjælp av vor vandkraft kunde gjøre os uavhengig av tilførselen av kul.

Der hævet sig derfor røster for, at man av hensyn til landets elektricitetsforsyning maatte lægge en bremse



paa den elektrokemiske industri's anvendelse av vandkraften.

For nu at søke at komme til klarhet over i hvilken utstrækning dette kunde være berettiget, lot jeg i 1918 foreta en beregning av det hele lands behov for elektrisk kraft til belysning, drivkraft og kokning samt opvarmning av boliger m. v. i den utstrækning, som dette kan antas at bli gjennomført.

Det vilde føre for langt her at gaa ind paa disse beregninger i sin helhet, hvilket heller ikke skulde være nødvendig, da de allerede er offentliggjort ved et foredrag i Elektroteknisk Forening den 21. oktober 1918 og senere trykt paa foranstaltning av denne forening.

Jeg skal dog ganske kort faa omtale grundlaget for beregningerne, idet jeg derved samtidig redegjør for mit syn paa hvilke energimængder, der fremtidig vil tiltrænges til landets almindelige elektricitetsforsyning.

Ved disse beregninger er jeg gaaet frem paa den maate, at jeg har gjort mig op en mening om hvor meget kraft, der maa til for belysning av alle landets huse m. v., hvor meget der maa til for kokning av al mat i alle landets kjøkkener eller husholdninger, hvor meget elektrisk kraft der kan bli spøragsmaal om at anvende til opvarmning av vore huse, hvor meget kraft der bør anvendes i et vel drevet landbruk samt av haandverkerne, og saa paa grundlag av statistikens opgaver over antal personer og kjøkkener (husholdninger), antal værelser, antal gaardsbruk og deres størrelse samt antal haandverksbedrifter beregnet hvor meget kraft, der tiltrænges i hver enkelt by og bygd i landet.

I Norge, hvor som sagt praktisk talt al elektrisk energi fremstilles ved Vandkraft, er det i første række maximalbelastningen, som er bestemmende for elektricitetsverkernes produktionsomkostninger.

Som følge herav sælges ogsaa den alt overveiende mængde elektricitet i Norge efter fast aarspris beregnet av maximalbelastningen eller den største belastning i watt, som vedkommende har ret til at benytte. Dette har medført, at det til husbruk er blit og fremtidig vil bli endnu mer almindelig at abonnere paa en viss mængde watt, som avvekslende benyttes til de forskjellige øiemed i huset. Det blir da i første række til belysning og kokning.

Disse to anvendelser har jeg derfor fundet at kunne behandle under et.

Efter de erfaringer, som hittil er gjort i Norge mener jeg, man maa regne med, at der til belysning og kokning tilsammen tiltrænges 500 watt pr. husholdning + 100 watt pro persona under forutsætning av, at der anvendes magasinerende komfurer eller paa anden maate sørges for, at forbruket til kokning fordeles over en længere tid av døgnet, og det vil efter mit skjøn være en nødvendig betingelse for, at elektrisk kokning skal bli almindelig anvendt.

For landbruket har jeg efter drøftelser med en av Norsk Landmandsforbund nedsat komite fundet at maatte regne med et forbruk av 500 watt pr. gaardsbruk + 20 watt pr. maal dyrket jord.

Et smaabruk med 15 maal dyrket jord faar da 800 watt, hvilket er tilstrækkelig for en motor paa 1 eff. H.K. En gaard paa 100 maal faar 2,5 kW. tilsv. 3 eff. HK.

|   |   |   |     |   |   |      |   |   |    |   |   |
|---|---|---|-----|---|---|------|---|---|----|---|---|
| » | » | » | 400 | » | » | 8,5  | » | » | 11 | » | » |
| » | » | » | 800 | » | » | 16,5 | » | » | 20 | » | » |

Disse kraftmængder er tilstrækkelig til drift av alle de maskiner, som kan tænkes at faa anvendelse for gaardsdriften, og naar man beregner den hele bygds kraftbehov paa basis av disse tal, saa vil kraften staa til disposition for opvarmning av vand og kokning av mat til kreaturerne samt opvarmning av værelser i den tid, motorerne ikke benyttes.

Elektrisk opvarmning mener jeg det nu vil være berettiget at regne med vil faa en relativt meget stor anvendelse i Norge, ikke alene fordi priserne paa kul og ved er steget saa enormt i de senere aar, men ogsaa fordi landet har saadan rigdom paa vandkraft, som er relativt meget billig at utbygge, samt fordi store dele av landet — spesielt Vestlandet og Nordnorge — har et saavidt jevnt kjøligt klima, at der tiltrænges nogen opvarmning i en meget stor del av aaret, hvorved den elektriske energi kan bli godt utnyttet og gi en relativt billig varme.

Jeg finder derfor, at der overalt hvor der ikke findes tilstrækkelig ved til opvarmning, det vil da si i byerne, bymæssig bebyggelse paa landet (landsbyer og villastrøk) samt i skogfattige distrikter, maa regnes med et forbruk tilsvarende 750 watt pr. værelse.

Opgave over antal værelser foreligger kun for byernes vedkommende. For den bymæssige bebyggelse paa landet og de skogfattige distrikter har jeg derfor maattet beregne behovet til opvarmning med det samme pr. individ, som man i byerne faar med 750 watt pr. værelse.

Til haandverksdrift regner jeg i byerne 10 H.K. = 7,36 kW. pr. bedrift med haandverk som hovederhverv og 5. H.K. = 3,68 kW. pr. bedrift som bierhverv. Paa landet regner jeg paa samme maate 4 og 2 H.K., altsaa lidt under 3 og 1,5 kW. pr. bedrift.

Saa meget kraft vil neppe nogensinde gjennemsnittlig komme til at bli benyttet pr. haandverksbedrift, men jeg har allikevel fundet at burde regne med saavidt store tal for derigjennem at ta i betragtning, at der med rikelig tilgang paa elektrisk kraft i alle vore byer og bygder vil opstaa en hel del huslig hjemmeindustri, som hvad kraftbehov angaar kan stilles i klasse med haandverksdriften.

Forgatebelysning, forretningslokaler og offentlige bygninger er gjort et tillæg paa 10 pCt. i byerne og 5 pCt. paa landet til de paa ovennevnte maate beregnede behov.

Industriens behov for elektrisk energi til drivkraft har jeg beregnet paa grundlag av foreliggende opgaver over de dampmaskiner, olje- og gasmotorer, som nu benyttes, idet jeg regner med, at alle disse i Norge maa bli at erstatte med elektrisk kraft, og hertil er lagt hvad industrien allerede benytter av elektrisk energi.

Alle de installerte maskiner gaar ikke samtidig med fuld belastning, men da de foreliggende opgaver gjælder aaret 1915, og industriens kraftbehov efter den tid er gaaet betydelig frem, saa opfører jeg det saaledes fremkomne tal uavkortet som industriens nuværende behov for elektrisk kraft.

Elektrisk jernbanedrift er hittil kun kommet til anvendelse for sporveiene i Kristiania med omegn, Bergen og Trondhjem samt for to kortere banestrækninger, nemlig Rjukanbanen og Thamshavnbanen. Disse har tilsammen et energiforbruk av vel 5 000 kW.



Der foreligger en beregning utført ved statsbanerne, der viser, at energiforbruket ved elektrisk drift av de bestaaende og planlagte jernbaner vil være tilsammen omtrent 100 000 kW., og jeg har da i henhold hertil ansat jernbanernes samlede behov for elektrisk kraft til 105 000 kW.

Resultatet av disse beregninger er sammenstillet i den følgende tabel over

Norges behov for elektrisk kraft.

|                                                   | I byerne | I bygderne | Hele riket   |
|---------------------------------------------------|----------|------------|--------------|
| Til belysning og kokning                          | 230 000  | 400 000    | 630 000 kW   |
| » opvarmning. . . . .                             | 365 000  | 235 000    | 600 000 »    |
| » landbruket . . . . .                            |          | 300 000    | 300 000 »    |
| » haandverksdrift . . . .                         | 80 000   | 65 000     | 145 000 »    |
| » drivkraft for industr.                          |          |            | 170 000 »    |
| » jernbanedrift . . . . .                         |          |            | 105 000 »    |
| Elektricitetsforsyningens totale behov 1920 . . . |          |            | 1 950 000 kW |

Forutsættes dette behov at stige proportionalt med folkemængdens stigning i de senere aar, vil det om 50 aar — altsaa i 1970 — være steget til 3 300 000 kW.

I alle mine beregninger og da ogsaa i denne tabel har jeg direkte summert de enkelte behov uten at gjøre noget tillæg for tap i fordelingsnettet eller fradrag paa grund av, at maximalbelastningen ikke optræder samtidig, undtagen forsaavidt som jeg ved industriens kraftbehov har regnet med, at fremgangen fra 1915—20 omtrent opveies av samtidigheten.

Forøvrig anser jeg det ikke nødvendig at ta dette tillæg og fradrag i betragtning, idet jeg gaar ut fra, at de omtrent kommer til at ophæve hinanden, saaledes at summen av de enkelte behov blir det samlede behov.

Dette maa man imidlertid ha for øie ved bedømmelsen av de tal, jeg har regnet med.

Det jeg kalder behovet hos de enkelte konsumenter blir nemlig da deres maximale belastning og ikke summen av de installerte lamper, apparater og motorers energiforbruk.

Disse mine beregninger har, som det vil forstaas, hat til hensigt at bestemme, hvad der skal til for at »mætte« landets behov for elektrisk energi til belysning, kokning, drivkraft og opvarmning.

Resultatet er, at der hertil for tiden tiltrænges omtrent 2 mill. kW., samt at dette behov — om det forutsættes at stige proportionalt med folkemængden — om 50 aar vil være steget til 3,3 mill. kW.

Disse tal virker ved første øiekast overvældende.

For at kunne bedømme deres virkelige størrelse maa de imidlertid sammenholdes med, hvad der nu benyttes, og hvad vi kommer op i, om utviklingen fortsætter i samme spor, som den i den senere tid er gaat frem.

I fig. 3 angir den øverste linje landets folkemængde i 1910 og den sandsynlige stigning fremover gjennom aarene.

Den næst øverste det beregnede behov i kW., som for 1920 var 1,95 mill. kW., og forutsættes stigende proportionalt med folkemængden, hvorved det om 50 aar kommer op i de nævnte 3,3 mill. kW.

Jeg har tidligere omtalt, at utviklingen av de elektriske kraftanlæg og anvendelsen av den elektriske energi i Norge er gaat meget jevnt frem helt fra 1911 av.

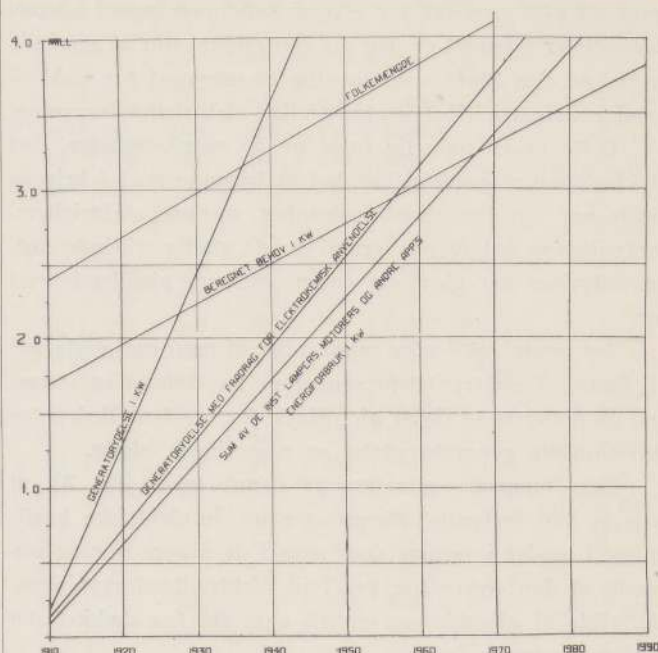


Fig. 3.

I de 7½ aar fra 30. Juni 1911—31. Decbr. 1918 gik saaledes generatorydelsen i landet frem med gjennomsnittlig 114 000 kW. pr. aar.

Den samlede generatorydelse, som en fortsat utvikling i samme spor vil gi os, er angit med den tredje linje.

I samme tidsrum var anvendelsen til den elektrokemiske industri gaat frem med gjennomsnittlig 53 800 kW. pr. aar. Trækkes dette fra generatorydelsen, faaes den fjerde linje, der angir den generatorydelse, der staar til disposition for elektricitetsforsyningen og som fælles reserve for begge dele.

Summen av de installerte lamper, motorers og andre apparaters energiforbruk gik i samme tidsrum frem med gjennomsnittlig 54 200 kW. pr. aar, og en fortsat utvikling i dette spor gir os den nederste linje i tabellen.

Det sees herav, at summen av de installerte lamper, motorer og andre apparaters energiforbruk vil naa det av mig beregnede behov henimot 1970, og at den for elektricitetsforsyningen disponible generatorydelse vil naa det noget før den tid under forutsætning av, at alt gaar frem som gjennomsnittlig i aarene 1911—1918.

Officielle opgaver foreligger endnu ikke over fremgangen efter 1918, men efter mit kjendskap til, hvad der nu er utbygget og under utbygning i Norge, mener jeg, man sikkert kan regne med, at fremgangen ikke har været mindre end i aarene 1911—18, og at den heller ikke i de nærmest kommende aar vil avta. Der er nemlig for tiden under utbygning i Norge yderligere ca. 300 000 kW.<sup>1)</sup>, altsaa hvad der tilsvarende 2½ aars stigning av generatorydelsen efter den her forutsatte linje.

Som jeg tidligere har nævnt, har der imidlertid fra 1916—18 været nogen forskyvning i anvendelsen, idet den elektrokemiske industri er gaaet noget langsommere frem og elektricitetsforsyningen tilsvarende raskere. Dette for-

<sup>1)</sup> Se Elektroteknisk Tidsskrift nr. 20 1920, pg. 171.



hold har utvilsomt ogsaa været tilstede efter 1918 og vil ogsaa gjøre sig gjældende i de nærmest kommende aar.

Av det, som nu er under utbygning, er nemlig omtrent 60 pCt. bestemt for elektricitetsforsyningen, og paa flere steder i landet er der nu spøragsmaal om at anvende en del av den kraft, som egentlig er utbygget for elektrokemisk industri, til den almindelige elektricitetsforsyning.

Dette er en naturlig følge av de vanskeligheter, den elektrokemiske industri har hat at kjæmpe med i krigens sidste aar og efter dens avslutning, medens elektricitetsforsyningens behov paa grund av de stadig stigende kul- og vedpriser har gjort sig endnu sterkere gjældende end før.

Jeg anser det derfor sandsynlig, at man om nogle aar vil finde, at elektricitetsforsyningens anvendelse er større, end de nederste to linjer gir uttrykk for, medens linjen for den samlede generatorydelse er nogenlunde rigtig.

Det fremgaar endvidere av denne tabel (fig. 3), at hvis vi kan fortsætte utbygningen av de elektriske kraftanlæg i landet i samme spor som i de senere aar og anvende al den nyvundne kraft til elektricitetsforsyningen, saa vilde vi allerede om en 15 aars tid faa dækket det herfor beregnede behov.

Saa rask vil det dog ikke være tænkelig, at vi evner at fremme den almindelige elektricitetsforsyning av landet, men jeg mener av denne sammenligning med hvad en fortsættelse av den nu paagaaende utvikling vil frembringe at ha godtgjort, at det ikke kan sies at være en uløselig opgave en gang i fremtiden at faa dækket det, som efter mine beregninger skulde tiltrænges for Norges almindelige elektricitetsforsyning.

Jeg mener derfor, det vil være fuldt berettiget, naar vi sier, at der til dette øiemed i de første 50 aar maa disponeres vandfald, som kan gi os 3,3 mill. kW.

At bestemme dette var som sagt i første række hensigten med mine beregninger av Norges behov for elektrisk kraft. Disse beregninger tar, som det vil sees, kun sigte paa at bestemme maximalbelastningen i kW., idet det jo er denne, som blir bestemmende saavel for den vandkraft, som maa disponeres i dette øiemed, som for kraftanlæggenes størrelse og ledningsnettenes dimensionering.

Hvor vandkraft benyttes som drivkraft for elektricitetsverkerne faar forbruket i kW.-timer kun betydning i de tilfælder, hvor man har adgang til at magasinere vandet fra de aastider eller tider av døgnet, da der benyttes mindre elektricitet, til de tider da belastningen er størst. Ved enkelte av de norske vandkraftanlæg er en saadan magasinering mulig, og ved planleggelsen av disse kraftanlæg maa det derfor overveies, hvorledes forbruket vil komme til at variere til de forskjellige tider av døgnet og aaret.

Forfølger man belastningskurverne ved de i drift værende elektricitetsverker i Norge, vil man finde, at belastningen stadig blir jevnere og jevnere. Dette er utvilsomt en følge av den stadig stigende anvendelse til opvarmning i forbindelse med, at praktisk talt al elektricitet i Norge betales efter maximalbelastningen, hvorav følger at det lønner sig at anvende relativt smaa elektriske ovne og la disse staa paa nat og dag i den tid, da der trænges opvarmning, samt at utnytte den kraft, man har til lys

og drivkraft, til opvarmning i den tid, da lyset eller motorerne ikke benyttes.

Ogsaa paa dette omraade foregaar der saaledes en utvikling, som medfører, at erfaringsresultaterne fra de i drift værende elektricitetsverker ikke kan benyttes for at bestemme de sandsynlige belastningsvariationer med derav følgende produktion i kW.-timer i fremtiden.

Man vil derfor ogsaa paa dette omraade være henvist til sandsynlighetsberegninger, idet man skjønsmæssig ansætter brukstiden for hvert av de øiemed, hvortil energien forutsættes anvendt.

I tilslutning til de omtalte beregninger av behovet har jeg foretat en saadan sandsynlighetsberegning av kilowatttimeforbruket, som viser, at vi maa regne med, at dette for elektricitetsforsyningen fremtidig vil bli 70 à 75 pCt. av det man vil faa, om maximalbelastningen benyttes jevnt nat og dag hele aaret. Dette svarer altsaa til en aarlig brukstid av maximalbelastningen av 6 000—6 500 timer.

Det vilde føre for langt og ligge utenfor dette foredrags ramme at gaa nærmere ind paa denne beregning, men jeg vil dog faa nævne, hvorledes jeg har bestemt den sandsynlige brukstid for elektrisk energi til opvarmning, idet dette samtidig viser, at de klimatiske forhold i Norge medfører, at der kan bli tale om at anvende saa betydelige energimængder til opvarmning, som jeg har regnet med i mine beregninger av behovet, nemlig gennemsnitlig 750 watt pr. værelse.

Dette er selvsagt ikke nok til opvarmning paa de koldeste vinterdage, men det vil det være utelukket at klare med elektricitet alene.

750 watt pr. værelse vil der imidlertid efter mit skjønn være behov for at benytte jevnt nat og dag i alle de maaneder av aaret, da den midlere lufttemperatur er 3° C eller mindre, og det er den for det hele land i 5 à 6 maaneder og for de nordligste deles vedkommende i 8 maaneder.

Jeg regner da med, at brukstiden til opvarmning vil være 700 timer pr. maaned, naar den midlere lufttemperatur er 3° C eller mindre, og at den avtar 50 timer pr. maaned for hver grad høiere lufttemperatur. Enhver anvendelse til opvarmning vil da først bortfalde, naar den midlere temperatur er 17° C eller mere.

Dette kan synes høit, men det maa erindres, at temperaturen svinger tildels betydelig, saaledes at man i en maaned, hvor middeltemperaturen er 17°, ofte kan ha en saa meget lavere temperatur, at nogen opvarmning vil bli benyttet, særlig naar man kan opnaa det ved kun at slaa bryteren paa og det ikke koster noget, idet kraften betales efter det største forbruk i aaret.

Paa dette grundlag har jeg opsat en tabel over den sandsynlige brukstid for elektrisk opvarmning i en rekke av landets byer.

Det vil sees, at det kun er i Kristiania og Frederikshald, altsaa omkring Kristianiafjorden, at den elektriske opvarmning helt vil bortfalde i juli maaned, medens der baade i juni og august vil være behov for at anvende noget opvarmning. Dette stemmer fuldstændig med de erfaringer, som vi regelmæssig gjør.

Vi har saaledes i juni maaned iaar hat saa kjølige dage i Kristiania, at jeg har maattet lægge i ovnen i mit



Brukstid for elektrisk opvarmning. (Forutsat gjennemsnittlig 750 watt pr. værelse).

|                       | Jan. | Febr. | Mars | April | Mai | Juni | Juli | Aug. | Sep. | Okt. | Nov. | Dec. | Aaret      | Skala        |       |
|-----------------------|------|-------|------|-------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------------|--------------|-------|
|                       |      |       |      |       |     |      |      |      |      |      |      |      |            | Middel temp. | Timer |
| Frederikshald . . . . | 700  | 700   | 700  | 645   | 355 | 95   | 0    | 75   | 260  | 540  | 700  | 700  | 5470 timer | 3°           | 700   |
| Kristiania . . . . .  | »    | »     | »    | 615   | 320 | 60   | 0    | 75   | 255  | 565  | 700  | 700  | 5390 »     | »            | »     |
| Hamar . . . . .       | »    | »     | »    | 700   | 435 | 140  | 75   | 170  | 390  | 660  | 700  | 700  | 6070 »     | 4°           | 650   |
| Lillehammer . . . .   | »    | »     | »    | 700   | 425 | 150  | 90   | 180  | 395  | 665  | 700  | 700  | 6105 »     | »            | »     |
| Drammen . . . . .     | »    | »     | »    | 630   | 350 | 75   | 5    | 75   | 255  | 560  | 700  | 700  | 5450 »     | 5°           | 600   |
| Kongsberg . . . . .   | »    | »     | »    | 700   | 420 | 155  | 95   | 185  | 365  | 665  | 700  | 700  | 6085 »     | »            | »     |
| Larvik . . . . .      | »    | »     | »    | 615   | 345 | 110  | 10   | 75   | 260  | 520  | 700  | 700  | 5435 »     | 6°           | 550   |
| Skien . . . . .       | »    | »     | »    | 625   | 355 | 125  | 55   | 110  | 315  | 575  | 700  | 700  | 5660 »     | »            | »     |
| Arendal . . . . .     | »    | »     | »    | 615   | 355 | 120  | 25   | 80   | 235  | 480  | 690  | 700  | 5400 »     | 7°           | 500   |
| Kristiansand . . . .  | »    | »     | »    | 605   | 355 | 135  | 50   | 105  | 250  | 470  | 670  | 700  | 5440 »     | »            | »     |
| Mandal . . . . .      | »    | »     | »    | 590   | 350 | 135  | 50   | 100  | 250  | 465  | 660  | 700  | 5400 »     | 8°           | 450   |
| Egersund . . . . .    | »    | »     | »    | 585   | 390 | 190  | 110  | 125  | 245  | 450  | 620  | 700  | 5515 »     | »            | »     |
| Stavanger . . . . .   | »    | »     | »    | 580   | 385 | 190  | 110  | 125  | 245  | 445  | 610  | 700  | 5490 »     | 9°           | 400   |
| Skudeneshavn . . . .  | »    | »     | »    | 580   | 405 | 240  | 155  | 150  | 235  | 415  | 575  | 680  | 5535 »     | »            | »     |
| Haugesund . . . . .   | »    | »     | »    | 575   | 400 | 230  | 160  | 150  | 260  | 440  | 590  | 695  | 5600 »     | 10°          | 350   |
| Bergen . . . . .      | »    | »     | »    | 565   | 375 | 200  | 135  | 170  | 295  | 480  | 645  | 700  | 5665 »     | »            | »     |
| Florø . . . . .       | »    | »     | »    | 595   | 420 | 240  | 165  | 190  | 300  | 480  | 630  | 700  | 5820 »     | 11°          | 300   |
| Aalesund . . . . .    | »    | »     | »    | 585   | 440 | 285  | 200  | 205  | 295  | 475  | 610  | 700  | 5895 »     | »            | »     |
| Molde . . . . .       | »    | »     | »    | 625   | 440 | 250  | 190  | 210  | 370  | 550  | 700  | 700  | 6135 »     | 12°          | 250   |
| Kristiansund . . . .  | »    | »     | »    | 605   | 455 | 290  | 200  | 210  | 320  | 495  | 640  | 700  | 6015 »     | »            | »     |
| Trondhjem . . . . .   | »    | »     | »    | 670   | 450 | 250  | 155  | 185  | 375  | 605  | 700  | 700  | 6190 »     | 13°          | 200   |
| Stenkjær . . . . .    | »    | »     | »    | 690   | 455 | 230  | 130  | 190  | 375  | 635  | 700  | 700  | 6205 »     | »            | »     |
| Namsos . . . . .      | »    | »     | »    | 700   | 510 | 275  | 160  | 190  | 360  | 610  | 700  | 700  | 6305 »     | 14°          | 150   |
| Mosjøen . . . . .     | »    | »     | »    | 700   | 550 | 300  | 160  | 195  | 390  | 695  | 700  | 700  | 6490 »     | »            | »     |
| Bodø . . . . .        | »    | »     | »    | 700   | 560 | 365  | 240  | 250  | 415  | 630  | 700  | 700  | 6660 »     | 15°          | 100   |
| Narvik . . . . .      | »    | »     | »    | 700   | 595 | 380  | 245  | 275  | 450  | 700  | 700  | 700  | 6845 »     | »            | »     |
| Harstad . . . . .     | »    | »     | »    | 700   | 600 | 385  | 225  | 285  | 450  | 690  | 700  | 700  | 6835 »     | 16°          | 50    |
| Tromsø . . . . .      | »    | »     | »    | 700   | 655 | 440  | 310  | 335  | 505  | 700  | 700  | 700  | 7145 »     | »            | »     |
| Hammerfest . . . . .  | »    | »     | »    | 700   | 700 | 505  | 370  | 370  | 515  | 700  | 700  | 700  | 7360 »     | 17°          | 0     |
| Vardø . . . . .       | »    | »     | »    | 700   | 700 | 575  | 425  | 420  | 540  | 700  | 700  | 700  | 7560 »     | »            | »     |
| Gjennemsnit . . . .   | 700  | 700   | 700  | 643   | 451 | 237  | 144  | 182  | 339  | 568  | 675  | 699  | 6036 timer |              |       |

kontor for at kunne arbeide, og i august maaned har vi i kjølige aftener benyttet smaa elektriske ovne i mit hjem.

Overalt ellers i Norge vil der efter denne tabel selv i juli maaned være behov for noget elektrisk opvarmning, og dette tiltar jo længer vi kommer nordover, saaledes at vi i Hammerfest faar en brukstid av 370 timer eller praktisk talt halve maaneden og i Vardø i Østfinmarken endnu noget mere.

Jeg tror enhver, som er kjendt med de klimatiske forhold i Norge, vil være enig med mig i, at denne tabel gir et nogenlunde korrekt uttrykk for den brukstid, som kan paaregnes.

Som det vil sees, varierer den aarlige brukstid mellem 5 400 timer omkring Kristianiafjorden og paa Sørlandet (Arendal og Kristiansand) samt Vestlandet (Stavanger) og stiger til vel 6 000 timer i det indre av landet (Lillehammer og Hamar) samt omkring Trondhjem og til omkring 7 500 timer i de nordligste dele av landet.

Gjennemsnittlig for hele landet blir den ca. 6 000 timer.

Naar vi nu erindrer, at en kilowatttime gir os 864 callorier, saa vil man altsaa av hver kilowatt anvendt til opvarmning aarlig kunne nyttiggjøre fra 4,7 mill. callorier i de sydlige dele av landet til 6,5 mill. callorier i de nordlige dele av landet og gjennemsnittlig 5,2 mill. callorier, d. v. s. noget mer end det man faar av 1 ton gode kul, idet man med de vanlige ovne under ingen omstændighet kan faa nyttiggjort hele varmeværdien.

Hvis da den faste aarsavgift for en kilowatt til opvarmning kan sættes billigere end prisen paa 1 ton gode kul, saa vil det altsaa bli billigere at anvende elektricitet end kul.

Med de priser paa kul, vi nu har (Sommeren 1920) anser jeg det mulig at opfylde denne betingelse, selv om jo ogsaa omkostningerne ved utbygningen av vore vandkraftanlæg og de elektriske fordelingsnet er steget betydelig i de senere aar.

Det maa nemlig erindres, at omkostningerne ved et vandkraftanlæg og de elektriske fordelingsnet ikke stiger paa langt nær proportionalt med ydelsesevnen, og spørsmålet blir derfor nærmest, om det lønner sig at utføre de elektricitetsverker, som allikevel maa anlegges for belysning og drivkraft, saa meget større, at meromkostningerne kan bli dekket av den pris, man kan opnaa for elektrisk energi til varme.

Dette anser jeg som sagt for mulig.

Det har været fremholdt, at omkostningerne ved kraftfordelingen skulde bli saa uforholdsmæssig høie i Norge paa grund av den spredte bebyggelse. Saa er imidlertid ikke tilfælde.

Norge har vistnok en meget liten folkemængde i forhold til landets utstrækning, men aarsaken hertil er væsentlig den, at der er saa store helt ubeboede arealer, og disse kan vi jo se helt bort fra i spørsmålet om landets elektricitetsforsyning.

Paa dette kart (fig. 4) har jeg avlagt med en mørk



farve de beboede strøk og med en lysere de helt ubeboede strøk i det sydlige Norge.

Det fremgaar herav, at de beboede arealer kun utgjør en meget liten del av landet, og da hele befolkningen er

Et tilsvarende kart for Nordnorge har jeg endnu ikke faaet utarbeidet, men forholdet er her omtrent det samme som paa Vestlandets nordligste del, altsaa en utpræget kystbebyggelse.



Fig. 4.

samlet paa disse, saa vil ikke de elektriske fordelingsnet faa nogen uforholdsmæssig stor utstrækning.

Med undtagelse av de mere beboede strøk omkring Kristianiafjorden og Mjøsen samt i Trøndelagen og paa Jæderen er den aller væsentligste bebyggelse i Norge samlet i de lange dale og langs stranden i fjordene, hvor fordelingen av elektrisk kraft falder forholdsvis let, idet alt samler sig om en enkelt fordelingsledning.

Dertil kommer, at den fornødne vandkraft er tilstede saa at si overalt, saaledes at det kun er paa Østlandet, at det for elektricitetsforsyningen vil være nødvendig at bygge meget lange kraftoverføringsanlæg, og der er samtidig behovet størst, saa man lettere kan bære de dermed forbundne omkostninger.

Paa dette kart (fig. 5) er avlagt alle de vandfald i det sydlige Norge, der kan yde 3 000 HK. tilsvarende 2 200



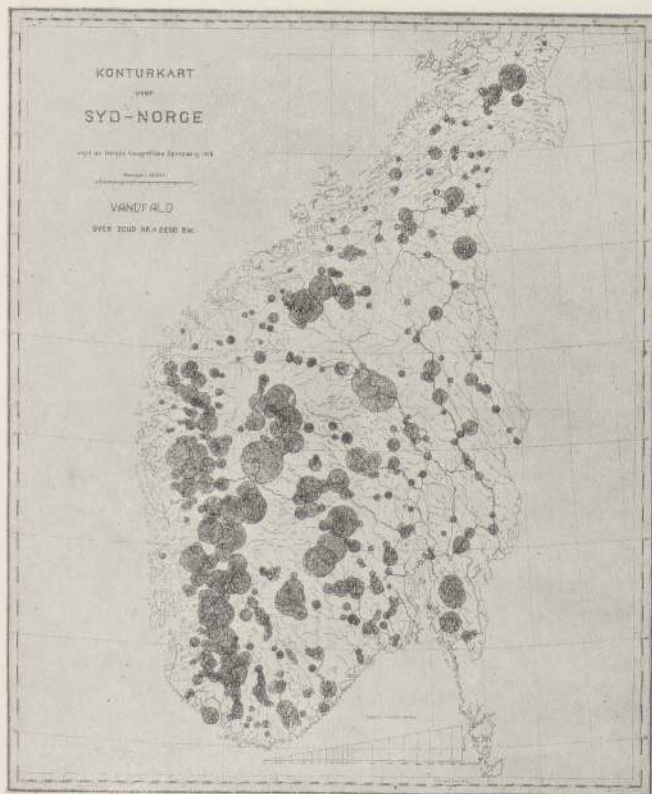


Fig. 5.

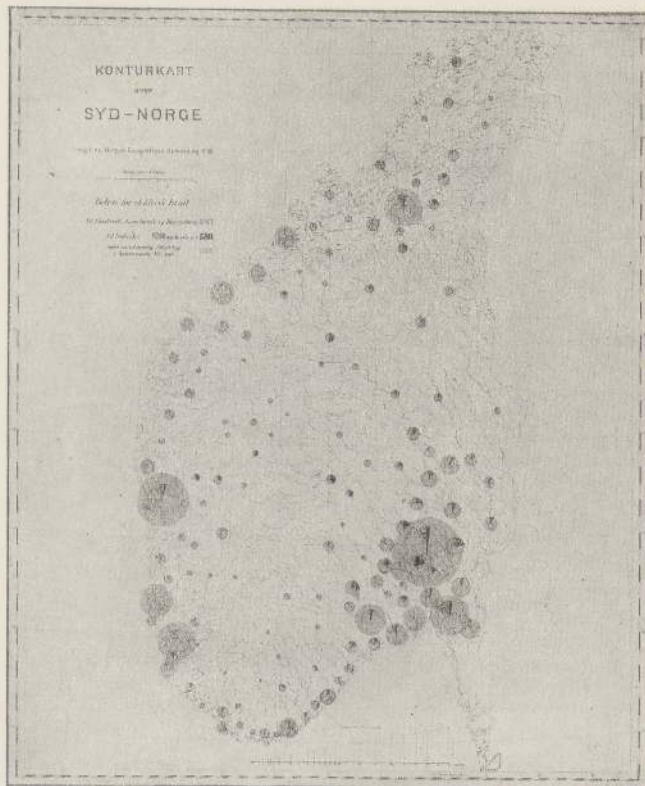


Fig. 6.

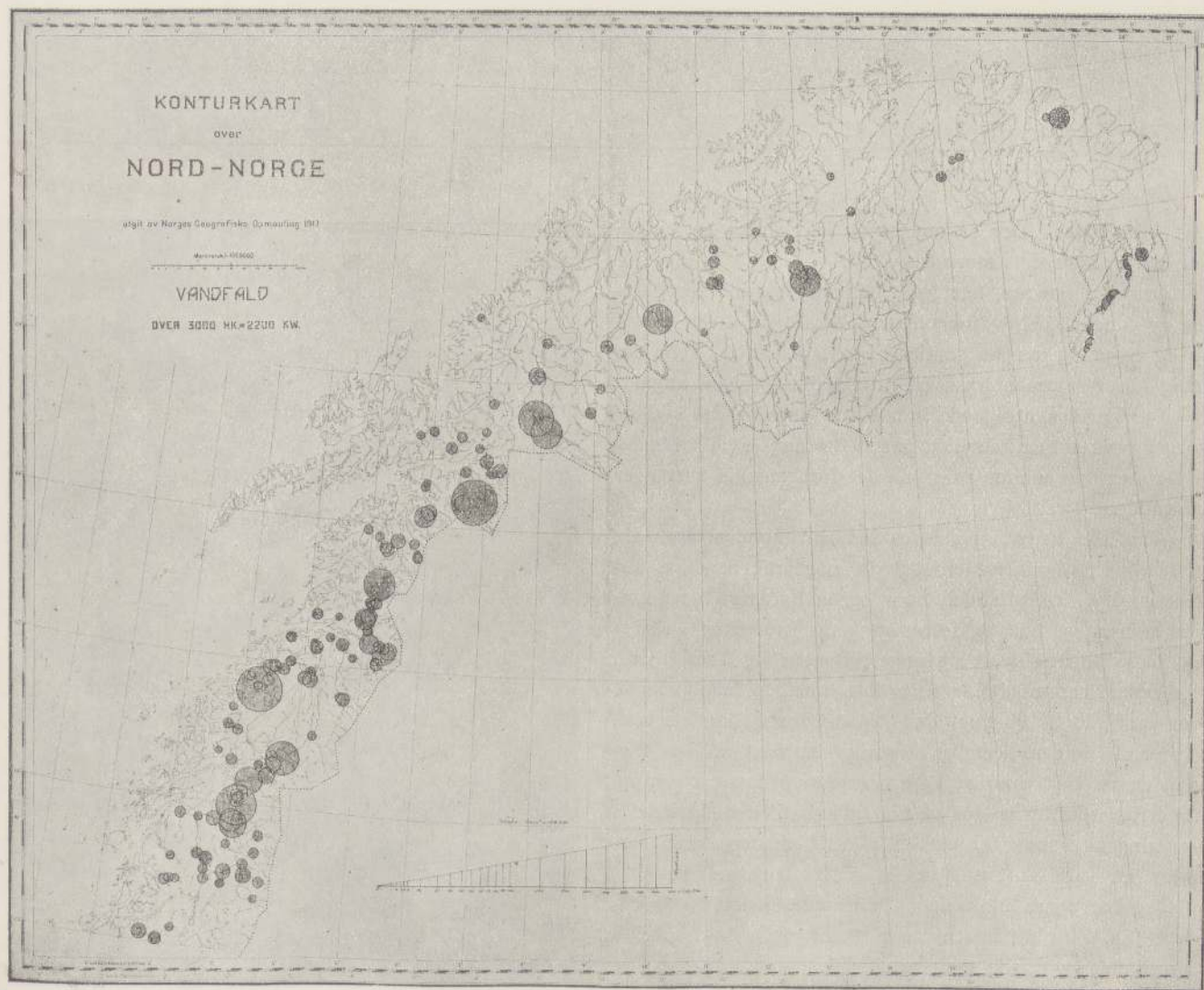


Fig. 7.



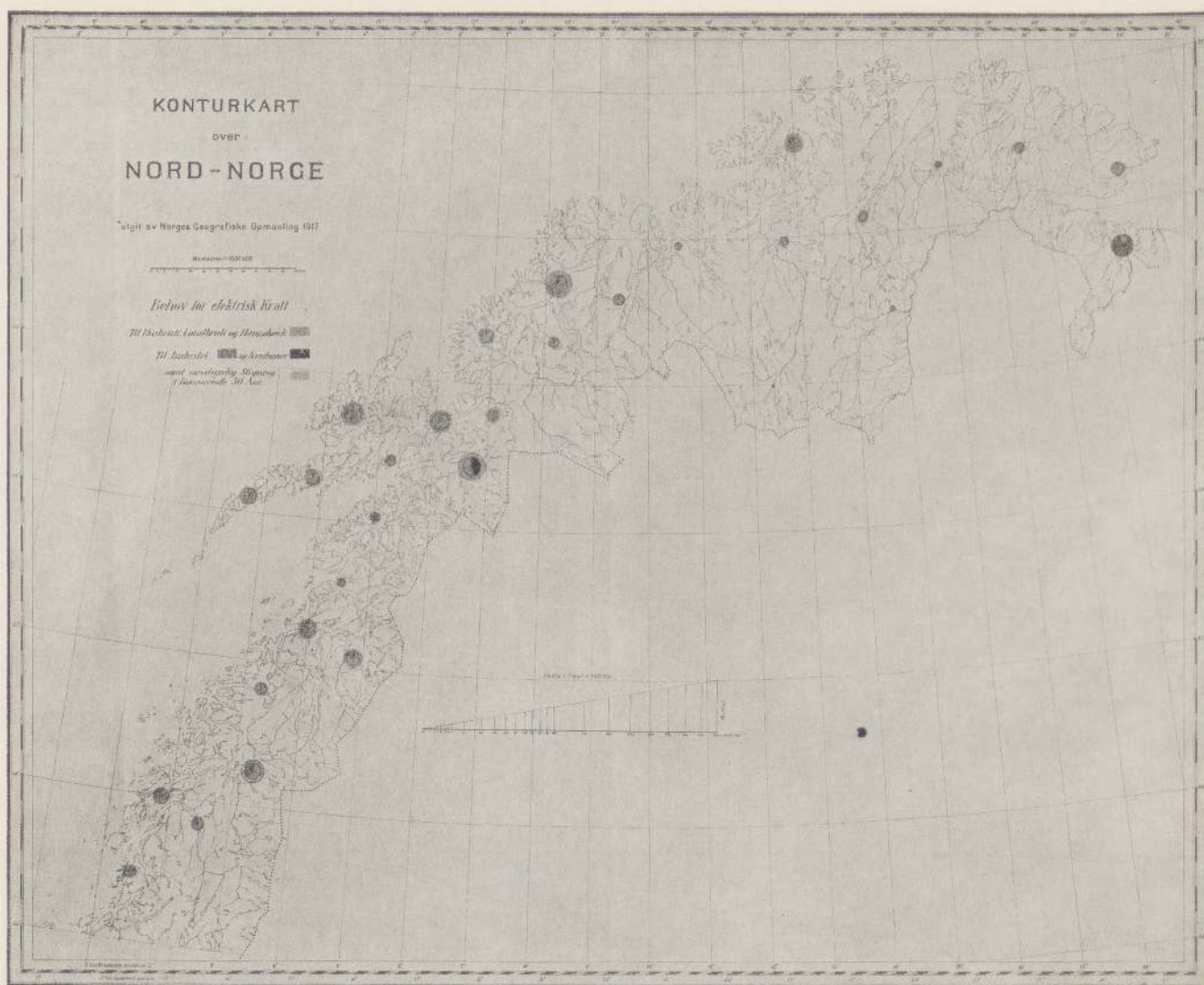


Fig. 8.

kW. eller mere. Der er om hvert fald slaet en cirkel, hvis areal angir dets størrelse.

Som jeg nævnte, har jeg gennemført mine beregninger av landets behov for elektrisk kraft for hver enkelt by og bygd og derpaa samlet disse i distrikter, som naturlig hører sammen hvad elektricitetsforsyningen angaar.

De saaledes utregnede behov har jeg for det sydlige Norges vedkommende avlagt paa dette kart (fig. 6). Maalestocken er den samme som paa det foregaaende kart over vandfaldene.

Man ser herav, hvorledes behovet koncentrerer sig omkring Kristianiafjorden og de nordenforliggende distrikter, d. v. s. Østlandet, hvor ogsaa halvparten av landets indbyggere bor, og forøvrigt langs kysten og da særlig om de større byer Stavanger, Bergen og Trondhjem.

Ved at sammenholde dette kart med de forutgaaende over vandfaldene vil man finde, at det for Østlandets vedkommende blir nødvendig at samle omtrent al den forhaandenværende vandkraft og føre den nedover i retning mot Kristianiafjorden for at faa tilfredsstillende elektricitetsforsyningens behov for elektrisk kraft, medens man forøvrigt har vandkraft nok saa at si like forhaanden.

Jeg har ogsaa utarbeidet tilsvarende karter for Nordnorge (fig. 7 og 8), hvorav sees at der ogsaa her, specielt i Nordland, er rikelig med vandkraft.

For at gi en oversigt over forholdet mellem vandkraften og elektricitetsforsyningens behov har jeg i den følgende tabel summeret, hvad der inden hver landsdel

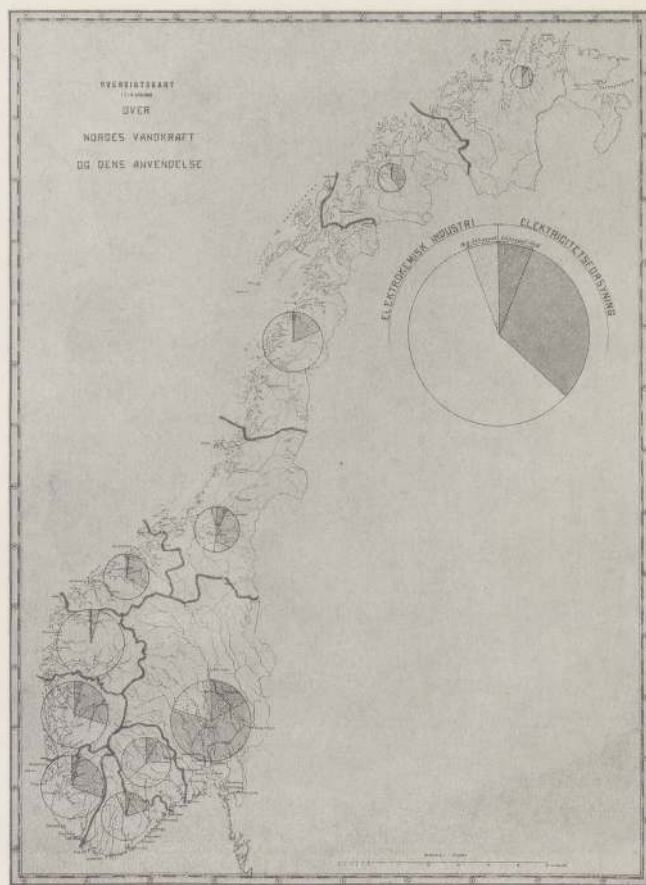


Fig. 9.



Oversigt over Norges vandkraft og dens anvendelse.

|                                  | Vandkraft     | Elektricitetsforsyningen |                 | Disponibelt for andre øiemed | Elektrokemiske industri anvendte i 1918 |
|----------------------------------|---------------|--------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------------------------------|
|                                  |               | Behov i 1970             | Anvendte i 1918 |                              |                                         |
| Kristiania og Akershus . . . . . |               | 680 000 kW.              | 117 563 kW.     |                              | 150 kW.                                 |
| Østfold . . . . .                |               | 270 000 »                | 82 308 »        |                              | 60 037 »                                |
| Hedmark . . . . .                |               | 120 000 »                | 22 487 »        |                              | 300 »                                   |
| Opland . . . . .                 |               | 95 000 »                 | 16 637 »        |                              | 280 »                                   |
| Buskerud . . . . .               |               | 155 000 »                | 47 344 »        |                              | 530 »                                   |
| Vestfold . . . . .               |               | 130 000 »                | 21 199 »        |                              | 0 »                                     |
| Østlandet . . . . .              | 1 810 000 kW. | 1 450 000 kW.            | 307 538 kW.     | 360 000 kW.                  | 61 297 kW.                              |
| Telemark . . . . .               | 680 000 kW.   | 170 000 kW.              | 54 434 kW.      | 510 000 kW.                  | 256 448 kW.                             |
| Austagder . . . . .              |               | 60 000 kW.               | 9 556 kW.       |                              | 30 391 kW.                              |
| Vestagder . . . . .              |               | 75 000 »                 | 13 661 »        |                              | 15 679 »                                |
| Agder . . . . .                  | 650 000 kW.   | 135 000 kW.              | 23 217 kW.      | 515 000 kW.                  | 46 070 kW.                              |
| Rogaland . . . . .               | 1 050 000 kW. | 325 000 kW.              | 35 970 kW.      | 725 000 kW.                  | 688 kW.                                 |
| Hordaland og Bergen . . . . .    | 1 220 000 kW. | 375 000 kW.              | 48 785 kW.      | 845 000 kW.                  | 108 991 kW.                             |
| Sogn og Fjordane . . . . .       | 1 230 000 kW. | 50 000 kW.               | 4 420 kW.       | 1 180 000 kW.                | 5 805 kW.                               |
| Møre . . . . .                   | 540 000 kW.   | 185 000 kW.              | 9 276 kW.       | 355 000 kW.                  | 0 kW.                                   |
| Sørtrøndelag . . . . .           |               | 205 000 kW.              | 31 679 kW.      |                              | 3 052 kW.                               |
| Nordtrøndelag . . . . .          |               | 70 000 »                 | 12 817 »        |                              | 18 400 »                                |
| Trøndelagen . . . . .            | 522 000 kW.   | 275 000 kW.              | 44 496 kW.      | 247 000 kW.                  | 21 452 kW.                              |
| Nordland . . . . .               | 970 000 kW.   | 180 000 kW.              | 13 512 kW.      | 790 000 kW.                  | 164 kW.                                 |
| Troms . . . . .                  | 208 000 kW.   | 85 000 kW.               | 4 379 kW.       | 123 000 kW.                  | 0 kW.                                   |
| Finmark . . . . .                | 140 000 kW.   | 70 000 kW.               | 12 701 kW.      | 70 000 kW.                   | 119 kW.                                 |
| Hele riket . . . . .             | 9 020 000 kW. | 3 300 000 kW.            | 558 728 kW.     | 5 720 000 kW.                | 501 034 kW.                             |

findes av vandfald paa over 3 000 HK., elektricitetsforsyningens behov, og hvad der herav er anvendt saavel til elektricitetsforsyning som til elektrokemisk industri.

Nogen officiel opgave over al Norges vandkraft foreligger endnu ikke. Hvad jeg her har opført er baseret paa opgaver, som jeg selv ved gode venners hjælp har samlet. Jeg tror, det vil vise sig at være saa rigtig, som en saadan opgave overhodet kan bli, saalænge der ikke er foretaget detaljmaalinge av alle landets vasdrag.

Paa det næste kart (fig. 9) er det samme som i den foregaaende tabel grafisk angit for hver del av landet og ved siden av selve kartet for det hele land.

Cirklerne areal gir uttryk for den samlede vandkraft inden vedkommende landsdel. Den grønne sektor angir den del derav, som maa reserveres for at dække elektricitetsforsyningens behov i de kommende 50 aar, og den gjenstående ufarvede sektor hvad der i denne tid kan disponeres for elektrokemisk industri og lignende.

Inden hver sektor er igjen med mørkere farve angit, hvad der ved utgangen av aaret 1918 var utbygget for hver av disse øiemed.

Av dette kart vil det sees, at næsten al vandkraft paa Østlandet maa reserveres for elektricitetsforsyningen. Ifølge kartet er der rigtignok igjen vel 300 000 kW., men da der i opgaven over vandfaldene er medregnet saavel de som er billige som de der er dyre at utbygge, og da det for landets egen elektricitetsforsyning vil være naturlig at reservere de fald, som er billigst at utbygge, saa vil de vandfald, der blir til rest paa Østlandet, bli de ugunstigste, som er kostbare at utbygge.

Specielt blir de høie vandfald, hvorav der er saadan rigdom paa Vestlandet og i Norland, meget billige at utbygge, og det blir derfor fra disse, at kraften i første

række ma tas for den elektrokemiske industri og eventuel eksport.

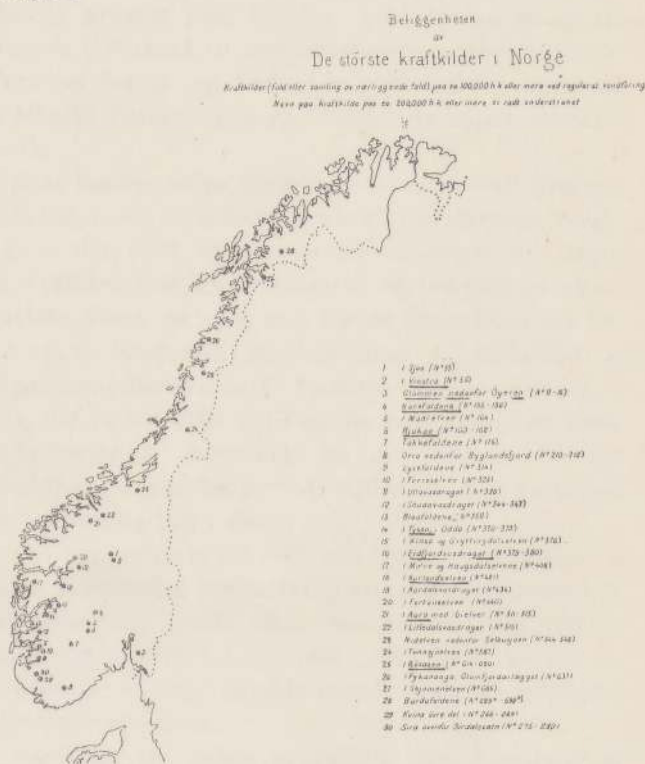


Fig. 10.

Paa det næste kart (fig. 10) er avlagt alle de kraftkilder i Norge, der kan yde 100 000 HK. eller mere. Her ved er dog at bemærke, at der som en kraftkilde er regnet en række fald i samme elvestrækning, selv om de ikke kan utbygges i en kraftstation.

Saaledes findes her den nedre del av Glommen fra



Øieren til sjøen, der blir nyttiggjort i 4 à 5 forskjellige kraftanlæg (Solberg-Mørkfos, Kykkelsrud, Vamma, Hafslund og eventuelt Fossumfos), angit som en kraftkilde.

Jeg nævnte tidligere, at elektricitetens fremtidsmuligheter i Norge beroede paa, at vor vandkraft er tilstrækkelig for at dække vort behov. Jeg antar, det vil være lykkes mig ved disse karter og tabeller at overbevise mine herrer om, at Norges rigdom paa vandkraft byr os de aller bedste fremtidsmuligheter paa dette omraade.

Utover det, som trænges til landets behov, har vi kraft nok for en betydelig elektrokemisk industri og en

eventuel eksport hit til Danmark, hvilket der jo i den senere tid har været talt og skrevet saa meget om.

Av mangel paa kraft bør denne plan ikke kunne strande, og glædelig vilde det være, om de undersøkelser, som nu paagaar for at søke denne sak fremmet, kunde føre til et positivt resultat, saaledes at Norges vandkraft ogsaa kunde komme til nytte for det land, fra hvilket vi for 100 aar siden — gennem Ørsteds opdagelse av elektromagnetismen — mottog kjendskapet til de naturlove, som vi nu daglig benytter os av ved omsætningen av vandkraft til elektrisk energi.

---



## Træk af Buegeneratorens Udviklingshistorie til Belysning af videnskabelig teknisk Forskning.

Af Professor P. O. Pedersen.

Videnskabelig teknisk Forskning er ikke af ny Dato. Det moderne Samfund er helt igennem præget af dens Resultater. Aldrig har dog Interessen for denne Forskning været større end nu. Næsten ethvert Nummer af de betydende udenlandske tekniske Tidsskrifter indeholder et eller andet Bidrag til Belysning af de Maader, hvorpaa denne Forskning bedst kan udvikles og organiseres. De ledende Mænd indenfor Industri og Teknik i de store Lande nærer gennemgaaende stor Interesse for Sagen, ja selv Statsmændene har delvis faaet Øjnene op for dens store Betydning<sup>1)</sup>. Ogsaa her i Skandinavien er Sagen fremme, i første Linie takket være svensk Initiativ. Sverige har gennem sit Ingeniørvidenskabsakademi ikke alene lagt Grundlaget for den svenske Forskning, men ogsaa angivet de Linier, hvorefter denne vil blive udviklet. Ved samtidig at indbyde Norge og Danmark til at samarbejde paa dette Omraade, har Sverige taget et Initiativ, som vi her nede, og jeg tror det samme gælder Nordmændene, i høj Grad paaskønner. Jeg tror dette Skridt vil bidrage til yderligere at fremme det nordiske Samarbejde og Sammenhold paa det industrielle og tekniske Omraade og derigennem fremme det skandinaviske Samvirke i Almindelighed.

Grundene til denne stærkt voksende Interesse for den tekniske Forskning maa i første Linie søges i Verdenskrigen. Dels stillede denne direkte de krigsførende Lande en Række tekniske Problemer, af hvis gunstige

og ikke mindst af hvis hurtige Løsning Krigens Udfald i første Linie beroede. Der var her ikke Tid til at afvente en empirisk Udviklings i bedste Fald langsomme og famlende Resultater. Hele den tekniske og videnskabelige Viden og Forsken maatte øjeblikkelig mobiliseres. Store var de Resultater, der naaedes. Saa store og betydningsfulde, at de krigsførende Stater i Fremtiden sikkert vil sørge for i saa høj Grad som mulig at beherske og udnytte denne Magtkilde, fremtidig forhaabentlig til Fredens Gerning, men i hvert Fald til Statens Vel eller til dens Magtforøgelse.

Og nu efter Verdenskrigen er Trangen til teknisk Forskning større end nogensinde. Af dens Resultater vil det i høj Grad afhænge, om vor Slægt vil gaa en lys og lykkelig Fremtid i Møde eller ej. Problemet er: paa stadig bedre og bedre Maade at føde, klæde og huse en stadig voksende Befolkning, hvis Lyst og Evne til rent legemligt Arbejde gaar tilbage. I Stedet for de gamle Kulturers i Forhold til Behovet mægtige Arbejdsforraad i Form af Slaver og Trælle, maa Fremtiden sætte en paa teknisk Forskning bygget højere og højere udviklet Teknik.

Naar jeg har valgt Buegeneratorens Udviklingshistorie til Belysning af enkelte Træk af den tekniske Forskning, er der flere Grunde hertil. Saaledes har Buen med Forkærlighed været studeret og benyttet af skandinaviske Forskere. Jeg kan nævne Svenskerne E. Edlund og G. Granqvist, Nordmændene K. Birkeland og S. Eyde samt Danskeren V. Poulsen. Det er saaledes et Emne, det er naturligt at behandle paa et nordisk Elektroteknikermøde. Afgørende for mit Valg er dog det Forhold, at jeg gennem egne Arbejder har haft Lejlighed til at sætte mig ind i denne Sag.

Det kan selvfølgelig ikke her være min Opgave at give en systematisk Fremstilling af Buegeneratorens Udviklingshistorie. Dette vilde tage alt for lang Tid og vistnok ogsaa være for specielt. Jeg maa have Lov til at fremdrage enkelte, karakteristiske Træk til Belysning af forannævnte Emne.

Først vil jeg dvæle et Øjeblik ved Resultatet af nogle af Edlund's Forsøg, og som Indledning hertil lige nævne, hvad man forstaar ved en Leders Karakteristik. Afsætter man i et retvinklet Koordinat-system som Abscisse Strømmen i gennem en Leder og som Ordinat Spændingen v mellem Lederens Endepunkter, saa vil sammenhørende Værdier af i og v ligge paa en Kurve, og denne Kurve kaldes Lederens Karakteristik. For en metallisk Leder, der følger Ohm's Lov, er

<sup>1)</sup> Angaaende Organisationen af den engelske Forskning henvises til:

Reports of the Committee for Scientific and Industrial Research for the years 1915—16, 1916—17, 1917—18, 1918—19, 1919—20.

De tilsvarende amerikanske Publikationer er:

Annual Reports of the National Research Council. 1916 og flg. Bulletin of the National Research Council. Vol. 1, Part 1, Number 1, (Oktober 1919). The National Research Council, Organization and Members 1919—20.

Af betydningsfulde Udtalelser fra Enkeltmænds Side kan henvises til:

A. A. Campbell Swinton: Science and the Future. Journal of the Royal Society of Arts. 1918.

J. J. Carty: The Relation of Pure Science to Industrial Research. The Smithsonian Report for 1916. p. 523—531.

» Science and the Industries. Reprint and Circular Series of the National Research Council. No. 8. 1920.

Scientific Discovery and the Wireless Telephone, udgivet af The American Telephone and Telegraph Company og The Western Electric Company 1920, og vistnok i Hovedsagen forfattet af ovennævnte J. J. Carty, der er Vice Præsident i A. T. T. Co.



Karakteristikken en ret Linie gennem Begyndelsespunktet. (Fig. 1.)

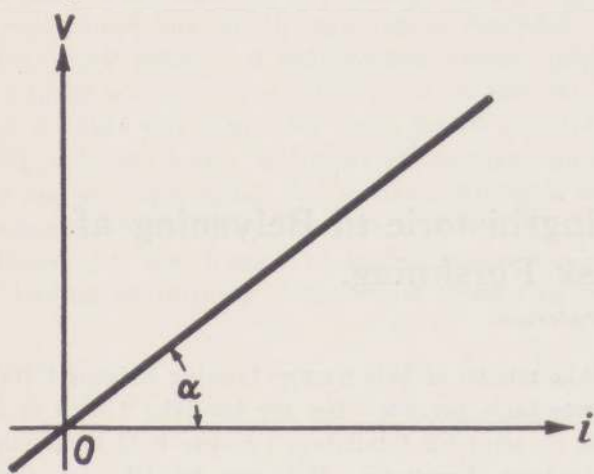


Fig. 1. Karakteristik for metallisk Leder, der følger Ohm's Lov:  $V = R \cdot i$ .

Danner Karakteristikken Vinklen  $\alpha$  med Abscisseaksen, saa er Lederens Modstand  $R = \tan \alpha$  og Ohm's Lov udtrykkes ved  $v = Ri$ . Det er dette meget simple Modstandsbegreb, hvormed vi er fortrolige, og hvormed vi næsten altid regner.

Nu fandt imidlertid Edlund<sup>1)</sup> ved sine Undersøgelser, at Buens Karakteristik har et Udseende, som vist ved Kurven apb i Fig. 2. Karakteristikken er, hvad man kalder faldende: Spændingen over Buen aftager, naar Strømmen vokser. Her taber det simple Modstandsbegreb øjensynlig ganske sin Anvendelighed og Betydning.

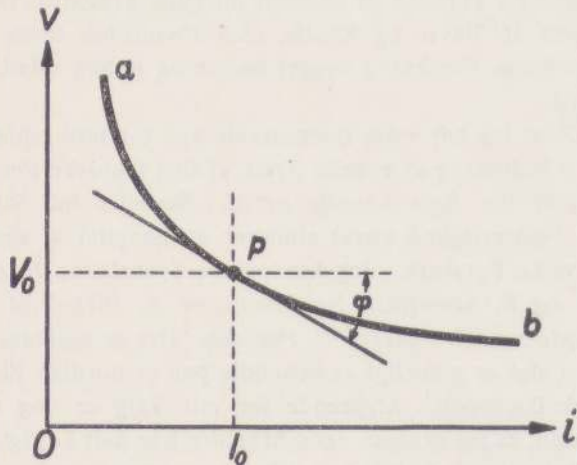


Fig. 2. Statisk Karakteristik for en elektrisk Bue. Eksempel paa en »faldende« Karakteristik. I Nærheden af Punktet p kan man sætte:

$$v - V_0 = (i - i_0) \cdot \tan \varphi, \text{ eller } \Delta v = -r' \cdot \Delta i, \text{ hvor } r' = -\tan \varphi.$$

Den store principielle Forskel mellem Buens Karakteristik og en ohmsk Leders Karakteristik kunde ikke andet end vække Forskernes Opmærksomhed og var i den følgende Tid Genstand for et stort Antal Undersøgelser. Men Interessen var i Hovedsagen optaget af at »forklare« Forløbet af Buens Karakteristik, f. Eks. ved at tænke sig Buen som Sæde for en elektromotorisk Modkraft i Serie med almindelig ohmsk Modstand, eventuelt en Overgangsmodstand. Mange Forsøgsrækker udførtes til Belysning af disse Antagelsers Beret-

tigelse. Blandt disse Arbejder skal jeg kun lige nævne G. Grandqvist's<sup>1)</sup> og W. Duddell's<sup>2)</sup>. I øvrigt kan jeg henvise til Fru Ayrtton's udførlige Bog om Buen<sup>3)</sup>.

Interessen var, som jeg maaske maa have Lov til at udtrykke det, mere optaget af Fænomenets »Forklaring« end af Fænomenet selv. Dette vil ofte, ret naturligt, være Tilfældet ved de ud fra hypotetisk-teoretiske Synspunkter udførte Undersøgelser. Her vil Fænomenets Indordning i de af visse fastlagte Begreber dannede Rammer eller dets Tilpasning til visse Teorier ofte føles som det hovedsagelige.

Selve Fænomenet frembyder imidlertid visse Ejenommeligheder, som uafhængig af alle Forklaringer har stor Interesse. Lad os saaledes betragte den i Fig. 3

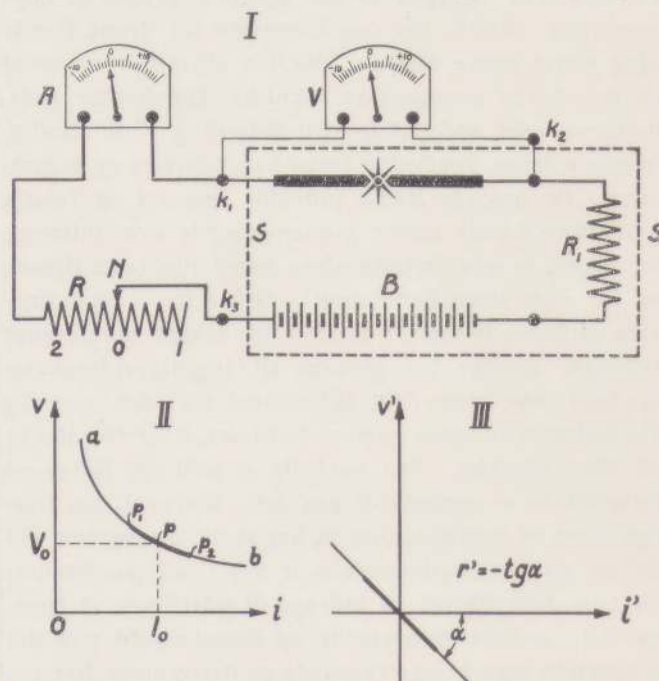


Fig. 3. A: Amperemeter med Nulpunkt ved  $I_0$  Amp. V: Voltmeter med Nulpunkt ved  $V_0$  Volt.

viste Opstilling til Bestemmelse af Buens Karakteristik. Denne Opstilling adskiller sig kun fra den almindelige derved, at Nulpunktet for det viste Ampèremeter A ligger ved  $I_0$  Amp. og ved Voltmetret V ved  $V_0$  Volt, hvor  $I_0$  og  $V_0$  er henholdsvis den til Punktet p af Karakteristikken (se Fig. 3 II) svarende Strøm og Spænding, idet Glidekontakten N staar i den viste Midtstilling O. Føres N over i Stillingen 1, faas de til Punktet  $p_1$  af Karakteristikken svarende Værdier af Strøm og Spænding, medens Stilling 2 af Nøglen svarer til Punktet  $p_2$ . For tilstrækkelig smaa Variationer i N's Stilling vil  $p_1$  og  $p_2$  med stor Tilnærmelse ligge paa Tangenten til Karakteristikken i Punktet p.

Afsættes de af Instrumenterne A og V angivne Værdier for Strøm  $i'$  og Spænding  $v'$  paa sædvanlig Maade i et retvinklet Koordinatsystem, saa faas den i Fig. 3 III viste Karakteristik. Her svarer positive Værdier af Strømmen til negative Værdier af Spændingen og omvendt. Iøvrigt gælder — for smaa Værdier af Strøm

<sup>1)</sup> G. Grandqvist: Den elektriska ljusbågen. 44 Sider. Lund 1894.

<sup>2)</sup> W. Duddell: On the Resistance and Elektromotive Forces of the Electric Arc. Phil. Trans. London. A. Vol. 203. p. 305—342. 1904.

<sup>3)</sup> Mrs. Ayrtton: The Electric Arc. London (1902).

<sup>1)</sup> E. Edlund: Pogg. Ann. 131, p. 586, 1867.



og Spænding — Ohm's Lov,  $v = r'i$ , kun er Konstanten  $r'$  negativ.

Ovenstaaende meget simple Betragtninger leder straks til Spørgsmaalet: Kan denne tilsyneladende negative Modstand<sup>1)</sup> — der ganske vist kun forefindes under bestemte Forhold og indenfor et afgrænset Variationsomraade for Strøm og Spænding — benyttes til at kompensere almindelig (positiv) Modstand? Spørgsmaalet er, som sagt, naturligt, men det blev først stillet langt senere, nemlig af *Frith* og *Roger*, der omkring 1895 arbejdede hos Prof. W. E. Ayrton<sup>2)</sup>. De nævnte Forskere benyttede den i Fig. 4 skitserede Opstilling. G er

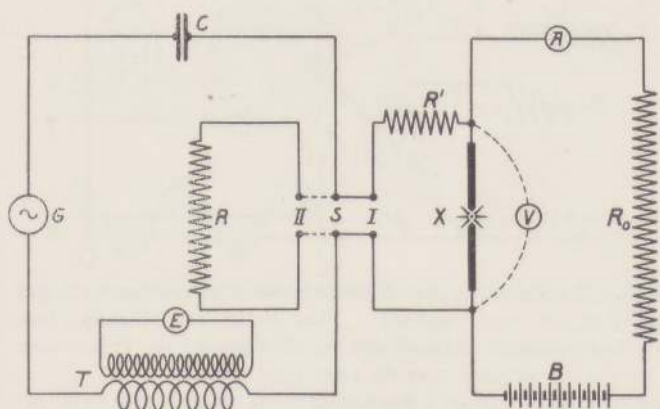


Fig. 4. En af *Frith* og *Roger*'s Metoder til Maaling af Buens »Modstand«. (1896) ( $X = R - R'$ ). For Homogenkul og  $n = 250$  er  $X$  negativ. For Vægekul og  $n = 2$  er  $X$  positiv, medens for  $n = 1,5$ ,  $X$  er negativ.

en Vekselstrømsgenerator med Frekvensen  $n$ . Vekselstrømmens Styrke kan maales ved Hjælp af Transformatoren  $T$  og det elektrostatiske Voltmeter  $E$ . Modstanden  $R'$  afpasses saaledes, at  $E$  giver samme Udslag, hvad enten Omstilleren  $S$  staar i Stilling I eller II. De satte da

$$R = R' + X,$$

hvor  $X$  er Buens Modstand.

Bestemt paa denne Maade fandt de, at for homogene Buekul var  $X$  negativ for  $n < 250$ . (For Vægekul og  $n > 2$  var  $X$  positiv, men for  $n < 1,5$  negativ).

Resultaterne af *Frith*'s og *Roger*'s Maalinger forelagdes af Prof. Ayrton ved British Associations Møde i Ipswich 1895. Sagen vakte megen Interesse, men nogen Tak høstede Prof. Ayrton ikke. Man kappedes fra næsten alle Sider om at bevise, at en negativ Modstand er en Umulighed<sup>3)</sup>.

<sup>1)</sup> Indesluttet Bue og Batteriet  $B$  i den antydede Kasse  $S$  saaledes at kun Klemmerne  $k_1$ ,  $k_2$  og  $k_3$  er ført ud, saa vil man, saalænge Maalingerne udføres paa den angivne Maade med svage Strømme og Spændinger, være nødsaget til at sige, at Forholdene er, som om der mellem Klemmerne  $k_1$  og  $k_2$  findes en negativ Modstand  $r' = \tan \alpha$ . Fig. 3. III).

<sup>2)</sup> J. Frith and C. Roger: On the Resistance of the Electric Arc. Phil. Mag. (5). Vol. 42, p. 407—423. 1896.

<sup>3)</sup> Som et Tegn paa den Interesse, Sagen vakte skal jeg lige nævne de Afhandlinger og Breve, der i et enkelt Halvaarsbind (Vol. 37, Maj—Oktober 1896) fremkom i »Electrician«.

Redaktionelle Bemærkninger p. 67, 273, 298, 312, 365, 397. Referat af Møde i Physical Society 8. Maj 1896, p. 93.

Spørgsmaalet om »Forklaringen«, eller udtrykt paa anden Maade, Striden om Ord og Begreber, svækkede formentlig Interessen for selve Kendsgerningerne, for *Frith*'s og *Roger*'s Iagttagelser — hvis Rigtighed ingen i og for sig bestred — og for disse Iagttagelsers videre Udvikling og Udnyttelse. En saadan Udnyttelse — og en i visse Henseender meget betydningsfuld Udnyttelse — maa, som vi skal se, i Virkeligheden siges at have ligget overmaade nær.

Resultatet af *Frith*'s og *Roger*'s Forsøg kan ogsaa fremstilles som i Fig. 5. I de Tilfælde, hvor Bue frembyder en (tilsyneladende) negativ Modstand, vil den af

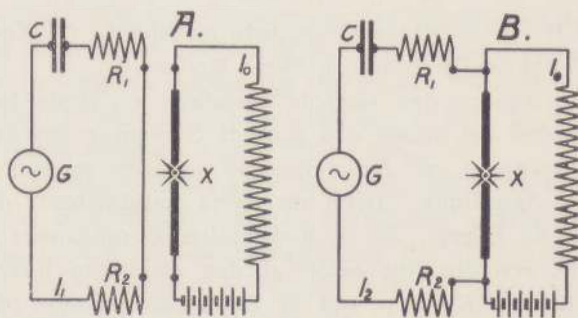


Fig. 5. W. E. Ayrton's Gengivelse af *Frith* og *Roger*'s Paavisning af Buens negative Modstand. For Homogenkul og  $n \leq 250$  er  $I_2 > I_1$  (Journ. Inst. E. E. Vol. 30, p. 267—270. 1900).

Generatoren  $G$  frembragte Vekselstrøm være større, hvor Bue er indskudt i Vekselstrømkredsen ( $B$ ), end hvor dette ikke er Tilfældet ( $A$ ). Fra Fig. 5 B kan vi uden videre gaa til Fig. 6 A, der kun adskiller sig fra førstnævnte ved, at der i Buens Fødeledning er ind-

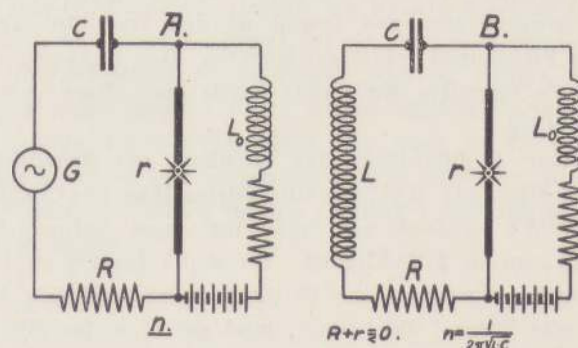


Fig. 6. Sammenligning mellem *Frith* og *Roger*'s A (1896) og *Duddell*'s Opstilling B (1899).  $L_0$  Dæmperulle.

skudt en Dæmperulle  $L_0$ , hvis Opgave er at hindre Vekselstrømmene i at gaa gennem Batteriet. Er nu i Fig. 6 A den numeriske Værdi af Buens (tilsyneladende) »negative« Modstand nøjagtig lige saa stor som Modstanden  $R$  i Resten af Vekselstrømskredsen, saa vil Generatoren  $G$  kunne opretholde en Vekselstrøm i den nævnte Kreds, uden dertil at forbruge nogen Energi. Er den »negative« Modstand numerisk større end  $R$ , vil der kunne tilføres  $G$  Energi fra Kredsløbet.

Men det ligger nær at ordne Opstillingen paa en

Endvidere Bemærkninger af:

R. Appleyard, p. 403.

W. E. Ayrton, p. 321.

A. Blondel, p. 356.

Fritz Gerald, p. 386, 489.

A. Gray, p. 452.

O. Heaviside, p. 452.

S. P. Thompson, p. 316, 322, 421, 519.



lidt anden Maade, nemlig som angivet i Fig. 6 B. Her er Generatoren G erstattet af Selvinduktionen  $L$ , hvorved den tidligere Vekselstrømskreds bliver til en Svingningskreds, og Forholdene kan eventuelt afpasses saaledes, at Svingningskredsens egen Frekvens  $n$  bliver lig med Frekvensen af den tidligere benyttede Vekselstrømsgenerator.

Opstaar paa en eller anden Maade i den omtalte Svingningskreds en Strømpuls, vil denne, som bekendt, forløbe saaledes:

$$i = I_0 \cdot e^{-\frac{R+r}{2L}t} \cos(2\pi nt + \varphi),$$

hvor  $R+r$  er Kredens samlede Modstand. ( $R$  Kredens effektive Modstand,  $r$  Buens Modstand).

Jo mindre den samlede Modstand er, desto længere varer det, inden den startede Svingning dør hen. Er  $R+r=0$ , vil Svingningerne vedblive med uforandret Amplitude. Dette ses ogsaa umiddelbart: den elektriske Energi, der i Modstanden  $R$  omdannes til Varme, erstattes lige netop af den elektriske Energi, der tilføres Kredsen ved at Strømmen passerer den numerisk lige saa store Modstand  $r=-R$  i Buen. Man har saaledes en Generator for vedvarende elektriske Svingninger, i Virkeligheden *Duddell-Buen*. Og i den tænkte Udvikling fra *Frith's* og *Roger's* Forsøg til denne Generator, er der ikke indført et eneste Moment, der ikke var velkendt for alle Fysikere og Elektroteknikere paa det omhandlede Tidspunkt<sup>1)</sup>. Alligevel fandt denne Udvikling, som nævnt, ikke Sted; og det tiltrods for, at Interessen for Fremstillingen af en elektrisk Højfrekvensgenerator paa Grund af den traadløse Telegrafis Fremkomst var meget levende. Den Dukkert, som *Ayrton's* »negative Modstand« havde faaet, havde været for kraftig.

Naar *Duddell-Buen* dog fremkom saa forholdsvis hurtig efter, saa skyldes dette aldeles ikke Paavirkning fra *Frith's* og *Roger's* Arbejde, men maa nærmest betegnes som en Tilfældighed. *Duddell*<sup>2)</sup> foretog en Undersøgelse over Aarsagen til de Lyde af forskellig Art, som ofte høres i Buelamper, med det Maal for Øje at faa disse Lyde fjernede. Et af de Forsøg, han foretog, gik ud paa at shunte Buen med en Kondensator. Det viste sig da, at Buen under visse Forhold udsendte en ren Tone, idet der samtidig gik Vekselstrøm i den af Buen og Kondensatoren dannede Kreds (se Fig. 6 B og Fig. 7, der viser Diagrammer af *Duddell-Buen*, den sidste Figur tillige Forløbet af Buestrøm og Buespæn-

ding samt Strømmen i Kondensatorkredsen). Han havde med andre Ord opdaget den syngende Bue, *Duddell-Buen*. Han søgte at faa Lysbuen til at være tavs; det hovedsagelige Resultat af hans Undersøgelse — og et værdifuldt Resultat — var, at han angav en Metode til og de Omraader indenfor hvilke Buen kan bringes til at synge.

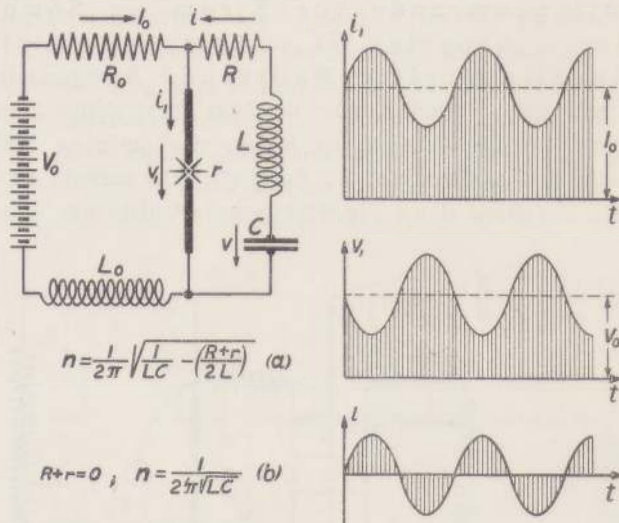


Fig. 7. Forudsætning for Uledning af Frekvensformlerne (a) og (b) er, at  $r$  er konstant. Naar dette er Tilfældet faas kun kontinuerlige Svingninger for  $R+r=0$ , og Frekvensen af disse maa da være givet ved (b). *Duddell's* og *Nasmyth's* Forklaringer af Afvigelserne fra (b) urigtige.

Dette er et ret almindeligt Træk i Forskningens Historie — nemlig, at man søger eet bestemt Resultat og i Undersøgelsens Løb kommer til Resultater, hvis videre Forfølgelse fører til et ganske andet, maaske langt værdifuldere Resultat. Men til Opnaaelsen heraf kræves, at Forskeren har Initiativ og frie Hænder til at føre Undersøgelsen videre i de Retninger, han finder mest lovende. Der er her et Punkt, man ikke bør overse ved den tekniske Forsknings Organisation.

Interessen for *Duddell-Buen* var straks meget stor; man haabede gennem den at have det første Led i Udviklingen af den savnede Højfrekvensgenerator. En betydelig Litteratur voksede derfor op om dette Emne<sup>1)</sup>.

Det viste sig, at *Duddell's* i det foregaaende skitserede, meget simple Betragtninger, ved hvilke Buen i dens Forhold til Vekselstrømskredsen tænkes erstattet af en negativ Modstand, ikke altid holdt Stik. Her skal kun nævnes to Uoverensstemmelser, nemlig Spørgsmaalet om Frekvensens Størrelse og om den højeste paa denne Maade opnaaelige Frekvens. Saalænge den foran anvendte Betragtningssmaade er rigtig, maa Frekvensen  $n$  af Svingningerne være given ved *Thomson's* Formel:

$$n = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

Dette viste sig at være rigtigt i nogle Tilfælde, medens Frekvensen i andre var en hel Del lavere end den ved *Thomson's* Formel angivne. De Forsøg, der bl. a.

<sup>1)</sup> Tilfældet  $R+r < 0$ , hvor Svingningernes Amplitude vokser med Tiden, kan vi her lade ligge. Vore Betragtninger gælder jo kun smaa Vekselstrømme, for hvilke Punkterne  $p_1$  og  $p_2$  (Fig. 3 II) ligger tilstrækkelig nær ved Karakteristikens Tangent i  $p$ . Rykker  $p_1$  og  $p_2$  længere fra hinanden, kan  $r$  ikke længere regnes for en Konstant; Problemet bliver da langt mere kompliceret.

Rigtigheden af de anførte Betragtninger er især paa utvetydig Maade paavist af *G. Granqvist*: Untersuchungen über den selbsttönenden Wellenstromlichtbogen (62 Sider) Upsala 1907.

<sup>2)</sup> *W. Duddell*: On Rapid Variations in the Current through the Direct-current Arc. Journ. Inst. El. Eng. Vol. 30, p. 232–261. Diskussion p. 261–283. 1901. Referat i »Electrician«. Vol. 46, p. 269–273, 310–313. 1900.

<sup>1)</sup> Angaaende Litteratur henvises til Fortegnelsen i *P. O. Pedersen*: Om Poulsen-Buen og dens Teori. Vid. Selsk. Skr. Serie 8. Række II. Nr. 4.



fra Duddell's og Nasmyth's Side blev gjort paa at forklare denne Afvigelse ud fra det foran skitserede Grundlag, maa betegnes som mislykkede<sup>1)</sup>.

Angaaende den Frekvens, der i det højeste kan naaes, fastslog Duddell<sup>2)</sup>, at Buens Karakteristik ved Frekvenser af 100 000 og derover altid er stigende, saaledes at Buens tilsyneladende Modstand ved disse høje Frekvenser er positiv. Han drog heraf den Slutning, at man med Duddell-Buen ikke kunde opnaa Frekvenser over 40 000 og selv disse var meget svage<sup>3)</sup>.

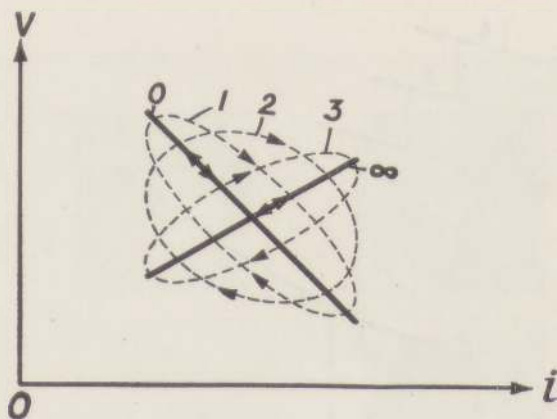


Fig. 8. Cykliske (v, i)-Kurver. 0 svarer til den statiske,  $\infty$  til den impulsive Modstandsfaktor. For Kurverne 1, 2, 3 vokser Frekvensen i den angivne Rækkefølge.

Faktisk havde man imidlertid med Duddell's Opstilling frembragt Svingninger med langt højere Frekvens.

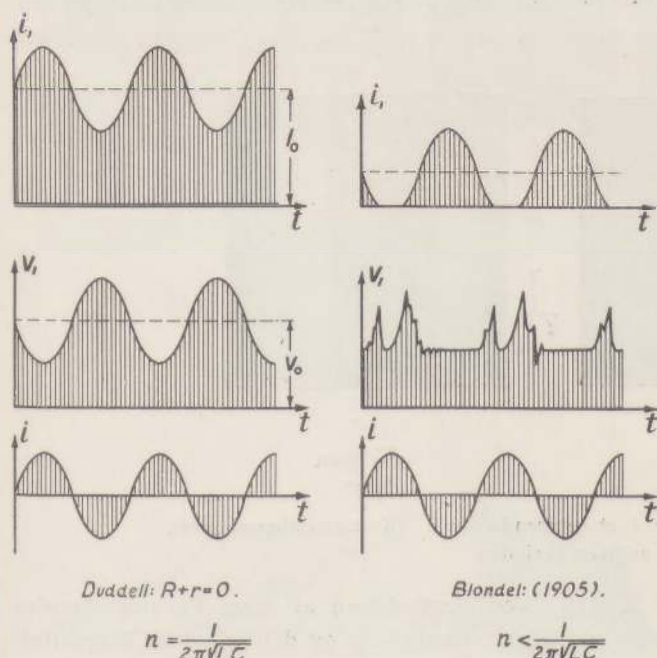


Fig. 9.

<sup>1)</sup> P. O. Pedersen: Beiträge zur Theorie der drahtlosen Telephonie. Jahrb. d. drahtl. Telegraphie V., p. 449—498. 1912.

<sup>2)</sup> W. Duddell: The Musical Arc. Electrician. Vol. 51. p. 902. 1903.

<sup>3)</sup> Den i Fig. 2 viste Karakteristik er, hvad man kalder den statiske, der fremkommer, naar Maalingen af sammenhørende Værdier af Strøm og Spænding sker saa langsomt, at Buen faar Lejlighed til at »brænde til« til den hver Gang benyttede Strømstyrke. Sker Variationen hurtigere faas en »dynamisk« Karakteristik, der i Almindelighed er langt mere indviklet. For smaa, hurtigt frem- og tilbagegaaende Variationer, bliver Karakteristikken lukkede Kurver, der igen for meget høje Frekvenser nærmer sig til at være en enkelt, stigende Linie. (Se Fig. 8).

Forklaringen hertil maa søges i, at der kan eksistere 2 forskellige Arter af Svingninger, saaledes som paavist af Blondel<sup>1)</sup> (se Fig. 9):

1. Svingninger af 1. Art, hvor Vekselstrømmens Amplitude er udpræget mindre end Fødestrømmen. For disse Svingninger gælder de anførte Betragtninger med god Tilnærmelse. Deres Frekvens tilfredsstiller Thomson's Formel og den højeste, opnaaelige Frekvens kan ikke overstige den af Duddell angivne Grænse.

2. Svingninger af 2. Art, hvor Vekselstrømmens Amplitude er større end Fødestrømmen, saaledes at Buen slukkes — i kortere eller længere Tid — een Gang pr. Periode. For disse Svingninger er Frekvensen lavere end angivet ved Thomson's Formel, og her er Grænsen for den højeste opnaaelige Frekvens ikke givet ved Duddell's Betingelse, men afhængig af den Hurtighed, hvormed Buespændingen kan variere.

Det var saaledes især Svingningerne af 2. Art, der syntes at frembyde tekniske Muligheder af stor Betydning, og det er med Betingelserne for disse Svingningers Frembringelse, Forskerne i Hovedsagen har beskæftiget sig. Saaledes blev der ved det elektrotekniske Institut ved Universitetet i Göttingen af Professor Th. Simon og hans mange Elever udført et meget stort Arbejde, der tog Sigte paa gennem en nøje Undersøgelse af Duddell-Buens Virkemaade at naa til saadanne Forbedringer af denne, at den kunde blive en effektiv Højfrekvensgenerator. Det blev imidlertid Prof. G. Granqvist i Uppsala, der kom til at give det betydeligste, klareste og i enhver Henseende værdifuldeste Bidrag til Duddell-Buens Forstaaelse og til Klarlæggelse af de Midler, man maatte anvende og de Veje, man burde gaa, til Duddell-Buens Forbedring<sup>2)</sup>. Der er næppe Tvivl om, at man gennem den i Udsigt stillede Fortsættelse af Granqvist's Arbejder vilde have faaet en tilfredsstillende Løsning af Spørgsmaalet, hvis ikke den allerede af Valdemar Poulsen fundne Løsning i Mellemtiden var bleven kendt.

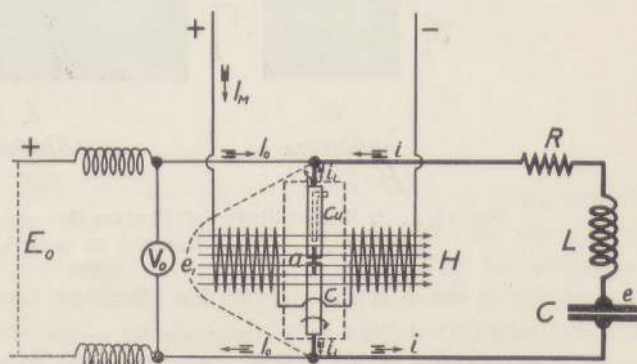


Fig. 10. Skematisk Strømdiagram for Poulsen-Buen. De tykke Linier angiver Svingningskredsen. Katoden består af Kul, Anoden som Regel af vandkølet Kopper. Buen brænder i en brinholdig Atmosfære og i et transversalt Magnetfelt.

For Udviklingen af en effektiv Højfrekvensgenerator har det store og omhyggelige Arbejde, der er udført af den Simon'ske Skole, været af mindre Værdi. Grunden hertil maa uden Tvivl søges i, at Professor Simon ved Indførelsen af Begrebet »Lysbuehysteresis« ind-

<sup>1)</sup> A. Blondel: Sur les phénomènes de l'arc chantant. L'Eclairage Electrique. 44. p. 41—58, 81—104. 1905.

<sup>2)</sup> G. Granqvist: Untersuchungen über den selbsttönenden Wellenstromlichtbogen. Uppsala. 1907.



blandede et overflødig, hypotetisk Element i Undersøgelserne, hvorved disse for en stor Del kom til at gaa ud paa at bevise det nævnte Begrebs Hensigtsmæssighed. Faktisk er, som tidligere paavist<sup>1)</sup>, at en væsentlig Del af de af den Simon'ske Skole fundne Resultater ikke stemmer med de Forhold, der forefindes i Poulsen-

V. Poulsen's Løsning af Spørgsmaalet skal jeg ikke her komme nærmere ind paa, men nøjes med at henvise til hans Publikationer desangaaende<sup>1)</sup>. Derimod vil jeg gerne lige have Lov til ganske kort at omtale et Par enkelte Træk af Poulsen-Buens Virkemaade, saaledes som denne gennem de senere Aars Undersøgelser er klarlagt.

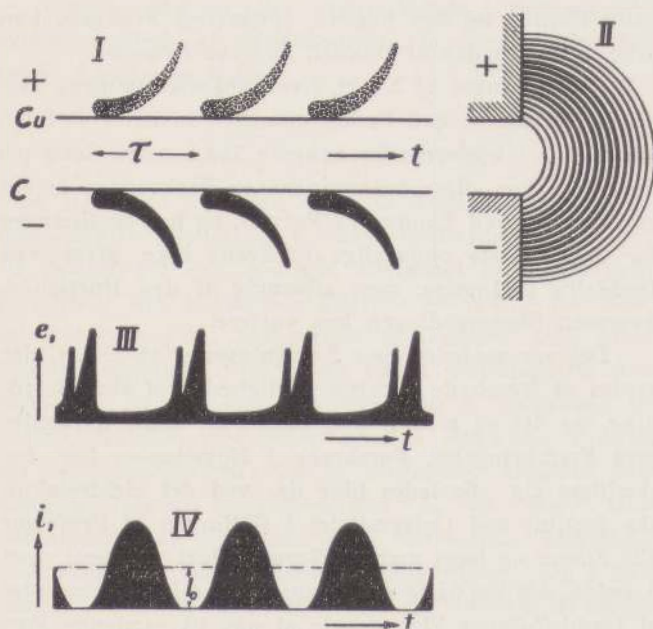


Fig. 11. Skematisk Fremstilling af Poulsen-Buens Virkemaade. I. viser Krateroscillogrammer.  $\tau$  er Perioden. II. viser et Profilbillede af Buen. III. viser Oscillogrammer af Buespændingen. De smaa Toppe er Slukkespændingen, de store Tændspændingen. IV. viser Forløbet af Buestrømmen.

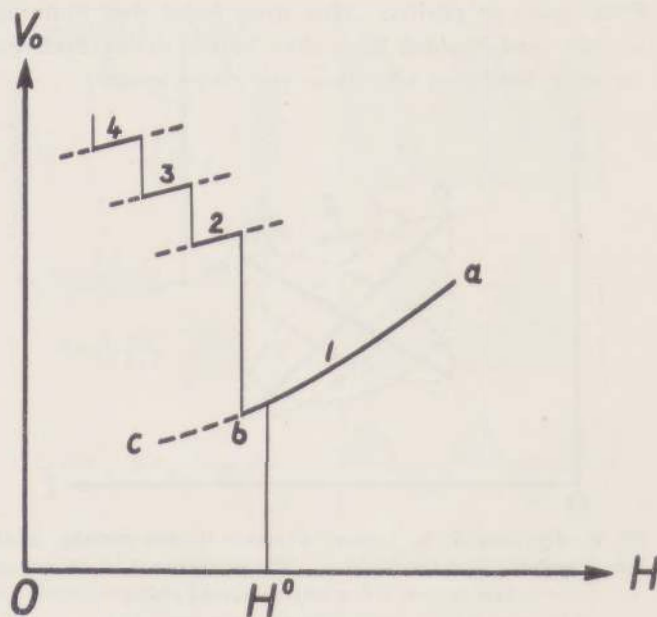


Fig. 12. Sammenhørende Værdier af magnetisk Feltintensitet  $H$  og Fødespænding  $V_0$ . Tallene angiver Antallet af Buer i Profilbilledet. Kurvens Forløb er skematiseret.

I Poulsen-Buen — Fig. 10 viser skematisk Diagrammet for en saadan — arbejdes normalt med Svingninger

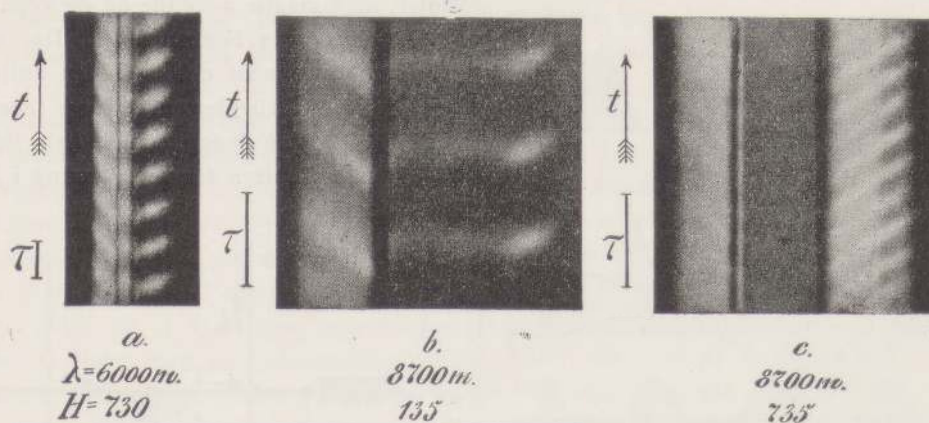


Fig. 11. A. 2 Kraterbilleder af Poulsen-Bue optagne i et roterende Spejl. (Krateroscillogrammer). Katoden til venstre.  $\tau$  angiver Perioden.

Buen — der jo netop repræsenterer den eftersøgte Løsning af Problemet: højfrekvent Buegenerator — ja ofte er det stik modsatte af det rigtige. De Simon'ske Teorier har derfor formentlig i nogen Grad forsinket Udviklingen.

af 2. Art. Ved Begyndelsen af hver Periode tændes Buen ved Elektroderandene og drives saa af Magnetfeltet i Løbet af Perioden ud bort fra disse (se Fig. 11). Da Buens Hastighed er mindst ved Tændingen, størst ved Slukningen, saa bliver dens Krater — det er kun det negative, der har særlig Betydning<sup>2)</sup> — varmest

<sup>1)</sup> P. O. Pedersen: (a) Om Poulsen-Buen og dens Teori. Vid. Selsk. Skrif. (8). Rk. II, Nr. 4, 1917. — (b) On the Poulsen Arc and its Theory. Proc. Inst. Rad. Eng. Vol. 5, p. 255—316. 1917. — (c) Supplementary Note. Vol. 7, p. 293—297. 1919. — (d) Poulsen-Buens Virkemaade. Fysisk Tidsskrift XVII, p. 45—66. 1919. — (e) Magnetfeltet i Poulsen-Buen. Fysisk Tidsskrift XVII, p. 69—87. 1919.

<sup>1)</sup> V. Poulsen: (a) System for producing Continuous Electric Oscillations. Trans. Int. El. Congr. St. Louis 1904. Vol. II, p. 963—971. 1905. — (b) Ein Verfahren zur Erzeugung ungedämpfter elektrischer Schwingungen und seine Anwendung. E. T. Z. p. 1040—1044. 1906.

<sup>2)</sup> Se f. Eks. Oversigt over den elektriske Bues Elektronteori. »Elektrotekniker«, p. 71—77, 1917 og Fys. Tidsskrift XV, p. 177—192.



nærmest ved Elektroderandene, koldest paa Slukningsstedet yderst ude. Dette i Forbindelse med den af Buens store Hastighed foraarsagede Reduktion i Buens Ionisation henimod Periodens Slutning bevirker, at den nødvendige Slukkespænding frembringes. Dette er det normale Forløb (se Fig. 11. A.). Vi vil nu se paa Forholdene, naar Magnetfeltets Intensitet forandres, medens Strømstyrke, Modstand og Bølgelængde holdes konstant. Fig. 12 viser under disse Forhold Sammenhængen mellem Magnetfeltets Intensitet  $H$  og Fødespændingen  $V_0$ .

Det bemærkes en passant, at Buens Nyttegrad er omvendt proportional med  $V_0$ . Fig. 12 viser, at Fødespændingen aftager med  $H$  ned til en bestemt Grænse, for saa ved endnu mindre Værdier af  $H$  at stige uregelmæssigt, men stærkt. Grundene til dette Forløb af Kurven i Fig. 12 fremgaar af Fig. 13, der viser Billeder af Buekratererne tagne i et hurtigt-roterende Spejl (Krateroscillogrammer) med de tilsvarende Profilbilleder af Buen. Saalænge Feltet er for stærkt, bevæger Buen sig unødvendig langt og hurtigt. Fig. 13 a. Buespændingen

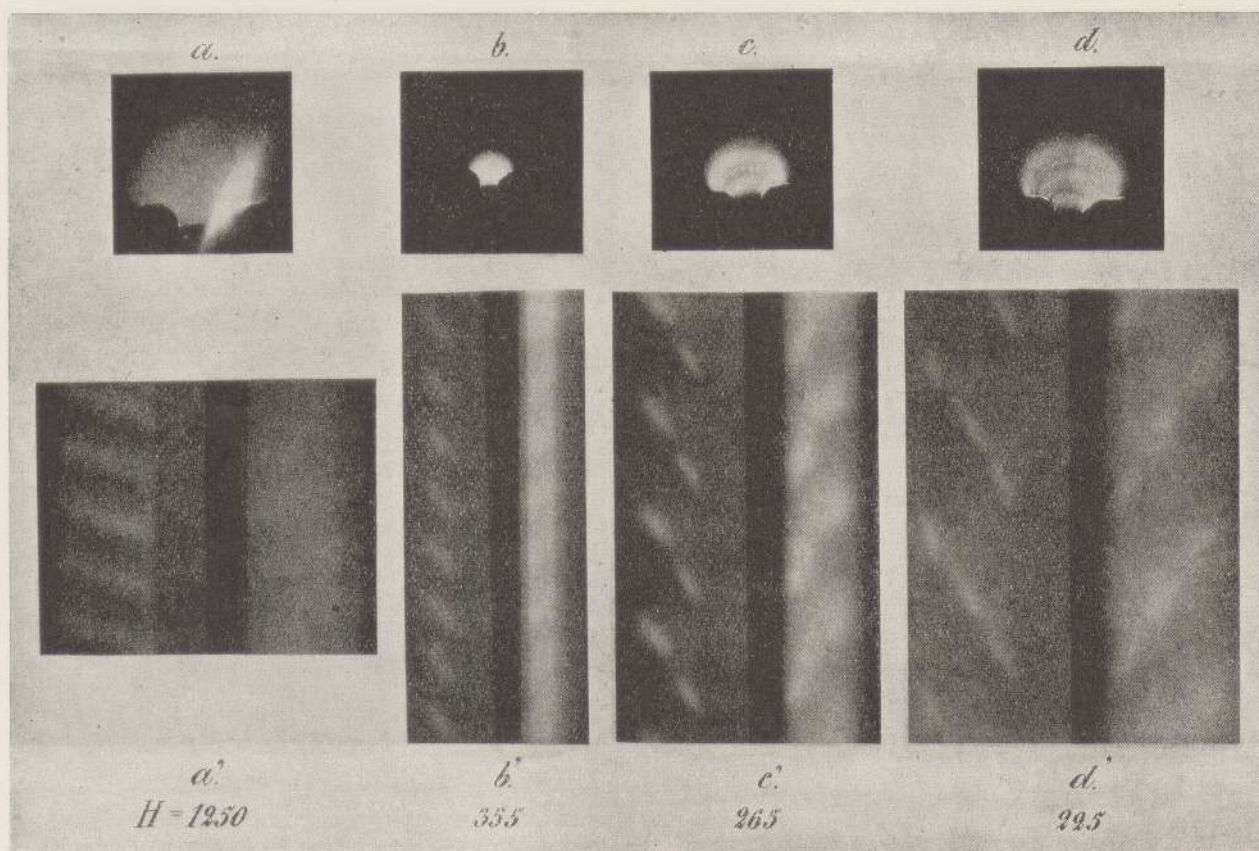


Fig. 13. Sammenhørende Profilbilleder og Krateroscillogrammer. Katoden til højre.  $\lambda = 9000$  m.

a,a' Magnetfelt for stærkt ( $V_0 = 120$  Volt)  
 b,b' — normalt ( $V_0 = 60$  —)  
 c,c' — for svagt ( $V_0 = 100$  —)  
 d,d' — for svagt ( $V_0 = 118$  —)

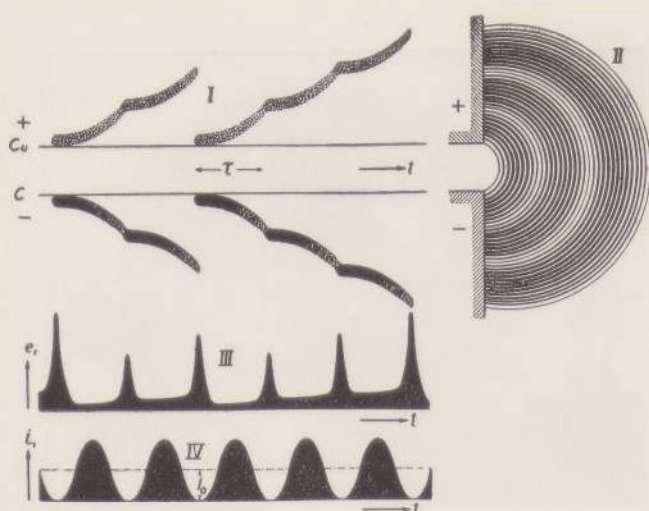


Fig. 14. Skematisk Fremstilling af Poulsen-Buens Virkemaade i for svagt Magnetfelt.

bliver derfor for stor, Buens Vandring og Hastighed aftager med Feltstyrken og samtidig aftager ogsaa Buespændingen. (Fig. 13. b.). Bliver Feltet for svagt, bevæger Buen sig saa langsomt, at Krateret paa Slukkestedet endnu er saa varmt, at Buen uden Vanskelighed tændes igen paa dette Sted. Buen foretager da 2 eller flere »Skridt« — hvert Skridt i een Periode — ind paa Elektroderne, før den igen tændes ved Randene. Herved forøges den gennemsnitlige Buelængde, og den strømførende Bues Spænding bliver for stor; Fødespændingen gaar med andre Ord op (se Fig. 13 c og d samt Fig. 14). Man forstaar saaledes det i Fig. 12 viste Forløb af ( $H, V_0$ )-Kurven. Der følger ogsaa andre Ubehageligheder med Buens Ekstrature ind paa Elektroderne, Ubehageligheder, som jeg dog ikke her skal komme ind paa.

Det fremgaar heraf, hvor vigtigt det er baade for



Svingningernes Konstans og for Nyttegraden, at Magnetfeltet har den rigtige Værdi i hvert enkelt Tilfælde<sup>1)</sup>.

Med det i det foregaaende skitserede Kendskab til Buens Virkemaade frembyder der sig straks flere Muligheder for Forbedringer, af hvilke jeg skal nævne to.

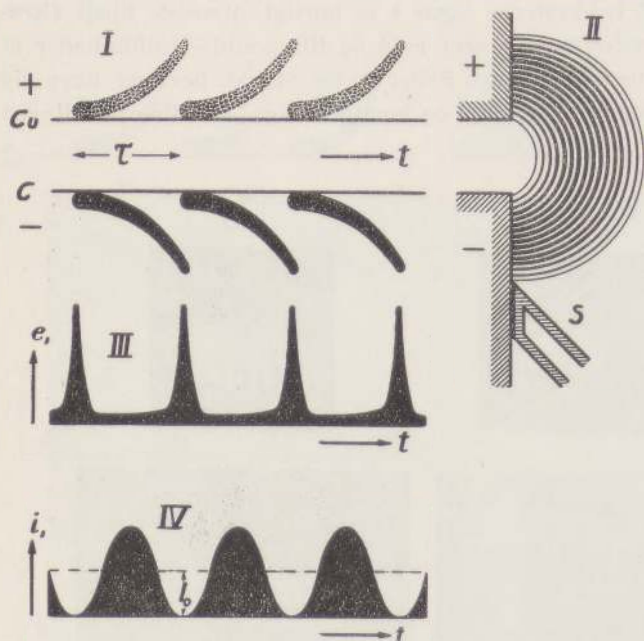


Fig. 15 A. Skematisk Fremstilling af Poulsen-Buens Virkemaade med Kølesko, S.

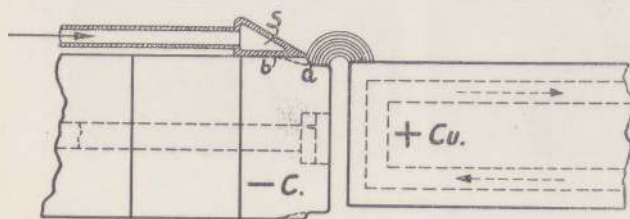


Fig. 15 B. Katode med Kølesko S. Uden Kølesko fortæres Kullet efter den punkterede Linie a—b.

Det er ifølge det foregaaende i og for sig fordelagtigt at benytte det svagest mulige Felt i Buen, naar blot man kan undgaa Gentændingen inde paa Elektroderne. Men denne Gentænding kan hindres ved Anvendelse af Kølesko paa Katoden. Naar Køleskoen laves af vandkølet Kobber, kan den holdes saa kold, at den ikke fortæres af Buen og samtidig — da Buen ikke kan eksistere uden et glødende, negativt Krater — hindrer den effektivt Buen i at gaa videre ud ad Katoden; Buen tvinges saaledes til at gentænde sig ved Elektroderanden

<sup>1)</sup> Hvor urigtige de Anskuelser var, hvortil den Simon'ske Skoles Undersøgelser havde ført, fremgaar maaske klarest ved at citere nogle Linier af J. Zenneck's Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie (1916). Side 291 i denne udmærkede Bog hedder det: »Es wurde darauf hingewiesen, dass ein Quermagnetfeld, das die Energie der Schwingungen sehr günstig beeinflusst, sehr ungünstig für die Konstanz der Schwingungen ist . . . Es ist dies ebenso der Grund, weshalb man mit der Stärke des Quermagnetfeldes in allgemeinen nicht sehr hoch geht, obwohl es die Energie der Schwingungen erhöhen würde«. Det her sagte er helt igennem urigtigt.

selv i et forholdsvis meget svagt Felt. (Se Fig. 15 A-D). Det har vist sig, at man paa denne Maade kan reducere Feltet fra 25 til 50 pCt. Denne Reduktion er ikke uden Betydning, da store Generatorer kræver en meget betydelig Feltstyrke og derfor en meget kraftig Elektro-

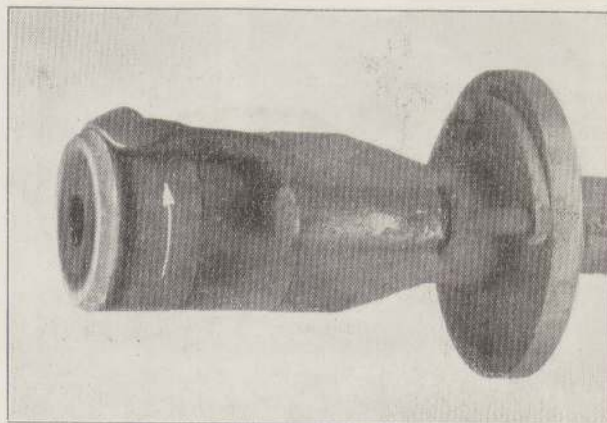
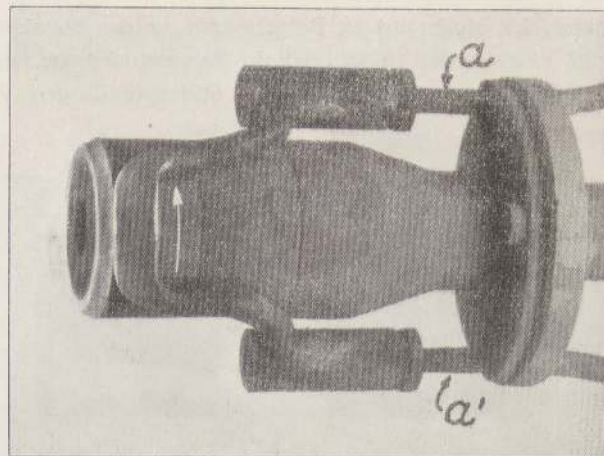


Fig. 15 C og D. Fotografier af Katode med Kølesko. Rørene a, a' tjener til at lede Vandet til og fra Skoen. Selve Katoden roterer i den ved Pilen angivne Retning.

magnet. (Se Fig. 16). Samtidig brænder Buen roligere, da dens Vandring i hver enkelt Periode nu er ganske bestemt begrænset. Anvendelsen af Kølesko har ogsaa

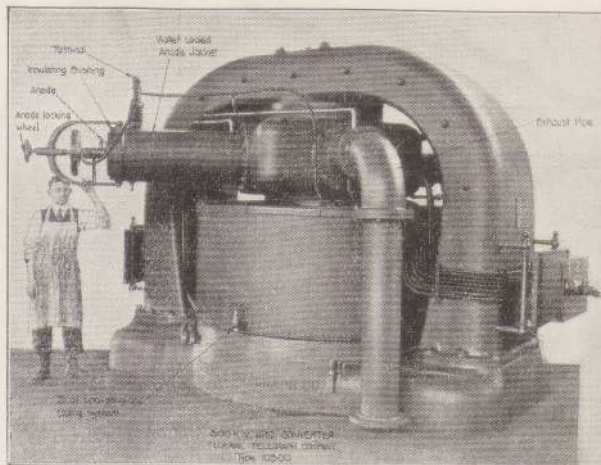


Fig. 16. 500 kW, Poulsen-Bue, bygget af Federal Telegraph Co., San Francisco.



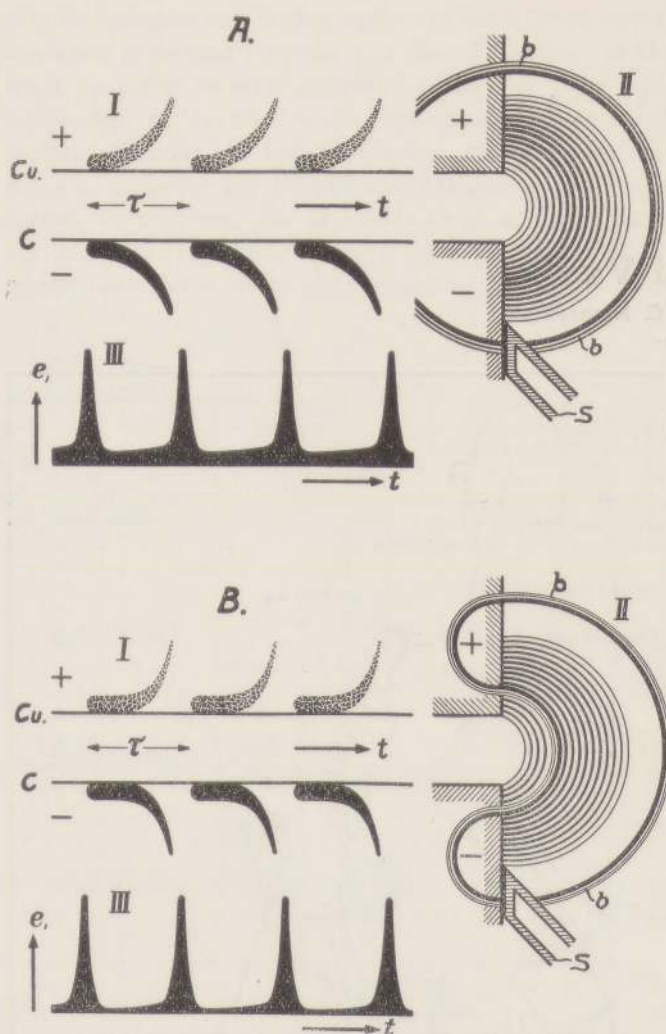


Fig. 17. Linierne bb betegner Begrænsningen af den stærkeste Del af Magnetfeltet.

A. viser Forholdene, naar Feltet er lige stærkt over hele Bue-området.

B. antyder, hvorledes Forholdene er, naar Feltintensiteten er størst i Slukkestillingen og forholdsvis svag i Tændstillingen.

andre Fordele, som jeg dog ikke her skal komme nærmere ind paa. Kun vil det være rigtigt at nævne, at Strømkurven bliver en praktisk talt fuldkommen ren Sinuskurve.

Det andet Punkt, jeg vil nævne, er følgende. Jo mindre Hastighed Buen bevæger sig med, desto varmere bliver Krateret paa vedkommende Sted, desto lavere følger Buens Spænding. Endelig er Buens Spænding naturligvis desto mindre jo kortere Buen er. Det vil saaledes være ønskeligt, at lade Buen brænde en saa lang Del af Perioden som mulig i Nærheden af Tændstillingen ved Elektroderandene. Paa den anden Side skal Buen have stor Hastighed ved Periodens Slutning for at udvikle den nødvendige Slukkespænding. Konsekvensen heraf er, at Magnetfeltet bør være forholdsvis svagt ved Tændstillingen, men kraftigt ved Slukkestillingen, saaledes som skematisk antydnet i Fig. 17. Buespændingen bliver derved ringe i en betydelig Del af Perioden, Fødespændingen følgerlig lille, Nyttegraden stor. Det er paa denne Maade rent foreløbigt lykkedes at forøge Nyttegraden i Forholdet 5 til 4, og man venter at komme videre<sup>1)</sup>.

Med disse to Eksempler paa den tekniske Udnyttelse af det gennem Undersøgelserne opnaaede Kendskab til Buegeneratorens »Mekanik« vil jeg slutte denne lille Oversigt over, hvorledes man paa et enkelt, begrænset Omraade er naaet frem fra fysisk Iagttagelse til teknisk Udnyttelse.

<sup>1)</sup> En udførligere Redegørelse for Anvendelsen af Kølesko og inhomogent Felt vil fremkomme i »The Electrician« og i Proc. Inst. Rad. Eng.



## H. C. Ørsted Værket.

Af Overingeniør C. Hentzen<sup>1)</sup>.

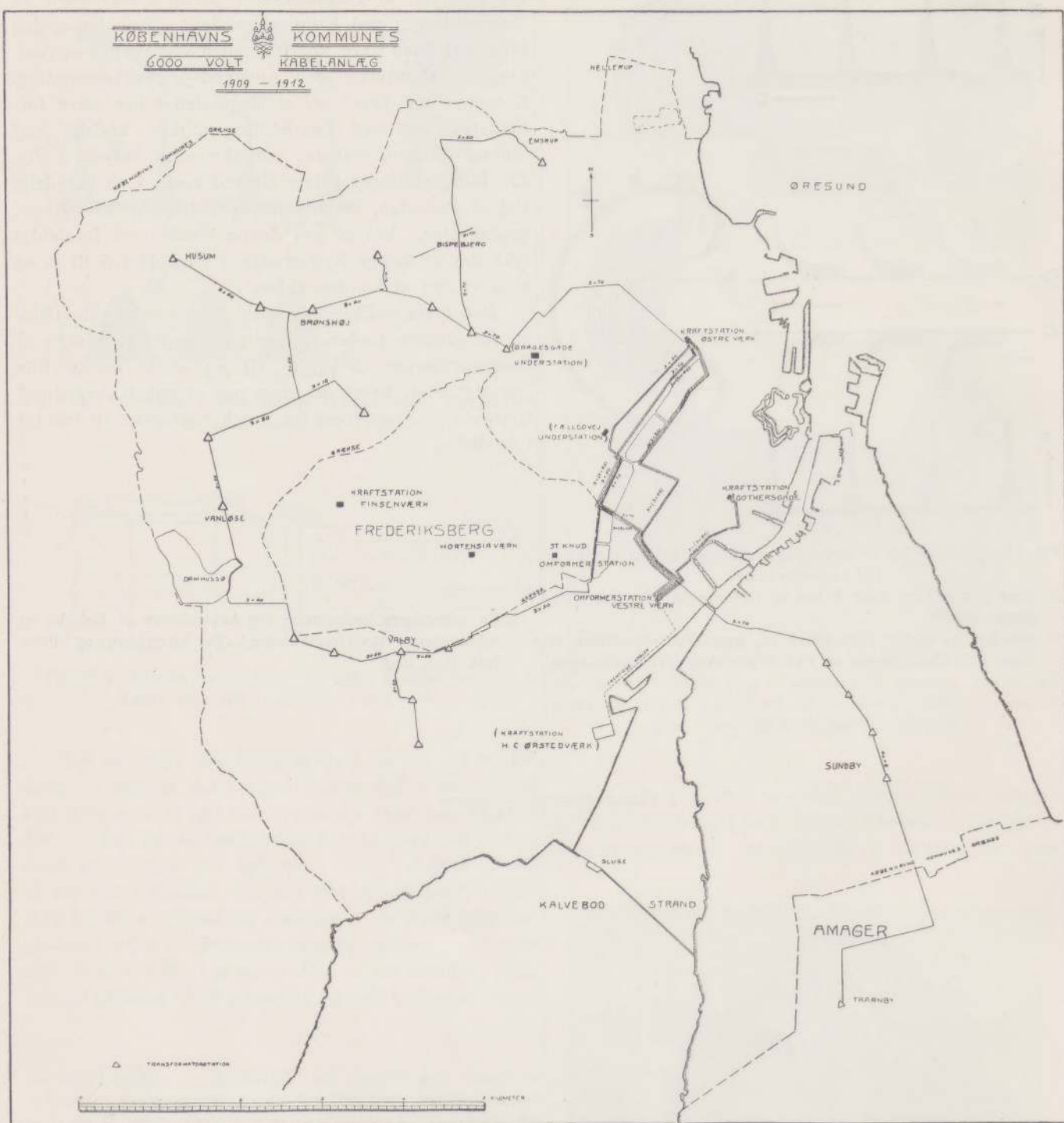


Fig. 1. Byplan. Paa Planen er med Navn i Parentes angivet Beliggenheden for de senere tilkomne Understationer i Bragesgade og paa Fælledvej, samt H. C. Ørsted-Værket.

Spørgsmaalet om et Kraftværk i København, hvorpaa Byens fremtidige Elektricitetsforsyning kunde baseres, kom op i 1904—5. Paa Planen Nr. 1 over Køben-

havn og Frederiksberg er markeret de 3 daværende Elektricitetsværker: Gothersgade Elektricitetsværk, Østre Elektricitetsværk og Vestre Elektricitetsværk. Fra disse Værker bliver Elektriciteten distribueret med  $2 \times 220$  Volt Spænding, men kun indenfor Byens gamle Grænser,

<sup>1)</sup> Foredraget er suppleret, saaledes at Anlægget svarer til Forholdene i 1922.



som ses indtegnet paa Kortet, og det var muligt med denne Spænding at komme igennem med disse 3 Værker. Imidlertid forlangte de ydre Distrikter ogsaa Del i det nye Kulturgode, og da Forsyningen hensigtsmæssigt og mest økonomisk kunde ske ved Vekselstrøm, blev der Tale om enten at bygge et nyt Elektricitetsværk baseret paa højspændt Vekselstrøm, eller at udvide et af de andre Værker med Højspændingsmaskineri. Navnlige Østre Elektricitetsværk havde de bedste Betingelser derfor.

dybt Vand af Hensyn til de betydelige Kølevandsmængder og af Hensyn til direkte Losning af Kullene fra Skib indtil Værket. Forslaget omfattede et Kraftanlæg til en Begyndelse paa 2 Stk. 8 000 kW Turbogeneratorer med tilhørende Kedler og Højspændingsapparat anlæg.

I Begyndelsen af 1916 blev Bevillingen til Kraftværkets Anlæg givet af Kommunalbestyrelsen, men rigtignok i amputeret Tilstand, idet kun 1 Turbine med Tilbehør blev bevilget. Dette Anlæg, der kun blev paa 6 à 8 000

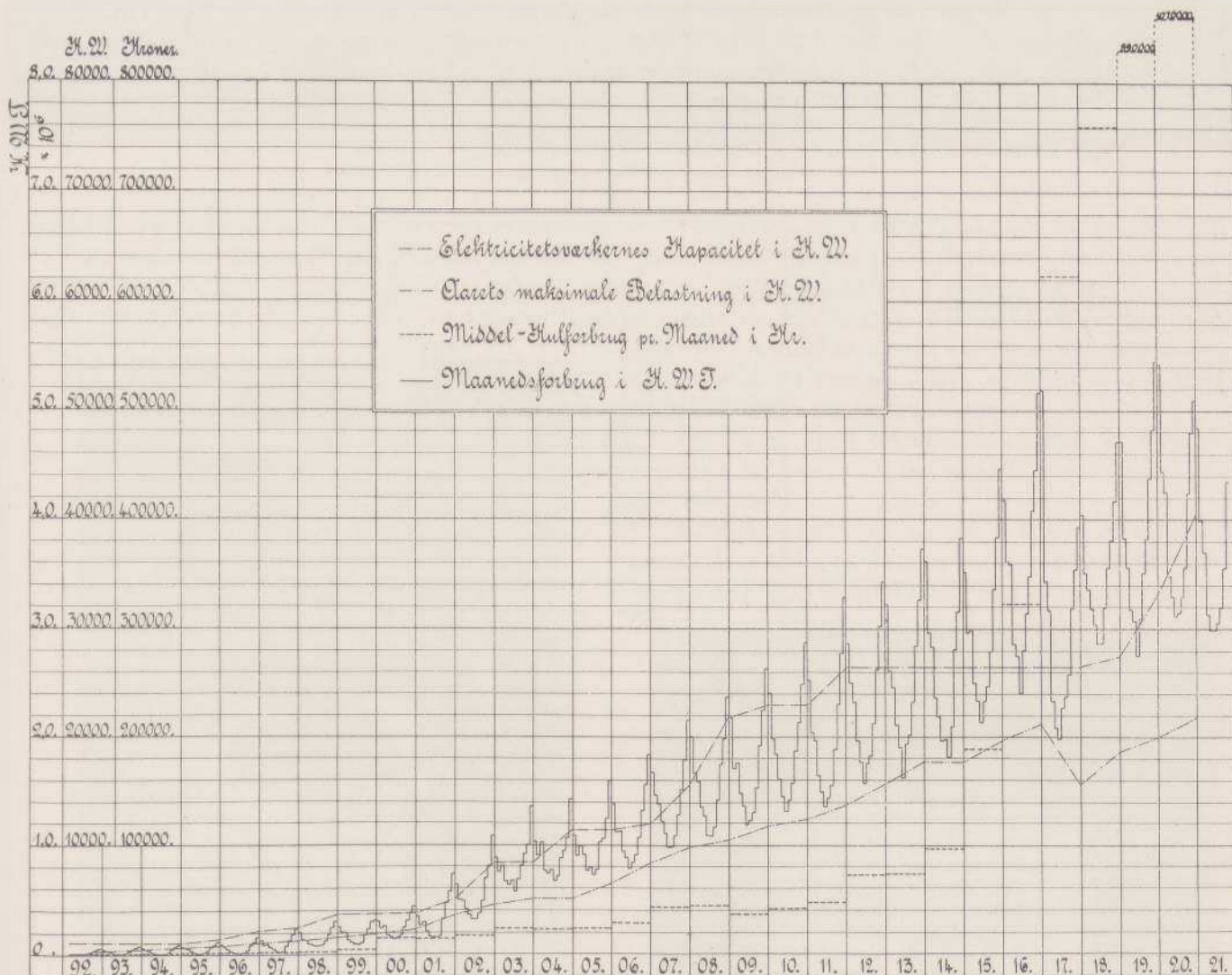


Fig. 2. Kurveplan.

Da en Rentabilitetsberegning viste, at en Udvidelse paa Østre Elektricitetsværk var det mest økonomiske, blev Bygningen af et nyt Kraftværk foreløbig udsat, og i 1907—08 og 1911—12 blev Østre Elektricitetsværk udvidet med Turbogeneratorer med 6000 Volt 3-faset Strøm, og samtidig blev der ved Opstilling af Omformere paa Vestre Elektricitetsværk etableret en Koncentration af Produktionen paa Ø. E.

Paa Fig. 2 er indtegnet Kurver for Elektricitetsværkernes samlede Kapacitet, de maksimale Belastninger, samt Maanedesforbrugene. Som det vil ses heraf var der i 1914 i de københavnske Værker installeret 21 000 kW Dampkraft og 5 000 kW Akkumulatorkraft, medens Belastningen paa Værkerne i December 1913 var ca. 17 000 kW. Der blev da udarbejdet Forslag til et nyt Kraftværk, hvis Beliggenhed naturligt maatte være tæt ved

kW, kom i Drift i Begyndelsen af Aaret 1920. I Aarene 1918 og i 1919 blev der dog givet yderligere Bevillinger, saaledes at Værkets 1. Udbygning nu indeholder ialt 25 à 30 000 kW. Ved særlig Beslutning er Navnet H. C. Ørsted knyttet til dette Værk.

Paa Fig. 3 er Værkets Beliggenhed nærmere angivet; det ligger ikke umiddelbart ved Kaj, men paa et til 2 m over dgl. V. opfyldt Terrain i Kalvebod Strand, nogle faa Hundrede Meter fra Kajen. Til Værkets fremtidige Udvidelse er der reserveret det et Areal af ca. 53 000 m<sup>2</sup>, — i gammelt Maal omtrent 10 Tdr. Land —, hvoraf imidlertid kun knapt Halvdelen, 25 000 m<sup>2</sup> er opfyldt. Paa denne Grund vil der kunne bygges et fremtidigt Kraftværk paa ialt ca. 150 000 kW og hertil har Planlæggelsen af Værket i sine Grundtræk saavidt muligt taget Hensyn. Udvidelsen er tænkt inddelt i 6 Grupper à ca. 25 000 kW,



som føres igennem hele Anlægget, saaledes at man vil kunne tænke sig Grupperne arbejdende tildels uafhængigt af hverandre.

Hvad Maskin- og Kedelhusets Disposition angaar, da indtog i de første Elektricitetsværker Maskinanlægget næsten altid langt større Plads end Kedelanlægget, men efterhaanden som Maskinstørrelsen voksede i Hestekraft, og særlig efter Fremkomsten af Turbo-generatoren, skiftede Forholdet om.

Vilde man fremdeles have, at Kedelhuset skulde holde Trit med Maskinhuset i Udvidelserne, hvad jo er af stor Betydning i driftsteknisk Henseende, maatte man enten bygge Kedelhuset parallelt med Maskinhuset, men i flere

Adgang for frisk Luft til Generatorerne og ogsaa Tavlebygningens Lys- og Ventilationsforhold bliver bedre, naar denne Bygning er frit beliggende. Ligeledes er Brand-sikkerheden for det samlede Anlæg forøget ved at Olie-afbrydere og Transformatorer, hvori Eksplosion jo ikke er udelukket, ligger i en særlig Bygning. I driftsmæssig Henseende er Formaålet med at skille Regulerings- og Tavlesalen fra Maskinsalen, at Tavlens Betjeningsperso-nale skal gøres psykisk uafhængigt af Forstyrrelser fra Maskinerne, saaledes at det med roligt Sind kan iagttage de foreskrevne Forholdsregler, som Instrumenternes Indi-cering eller Maskintelegrafens og Telefonens Melding kan give Anledning til.

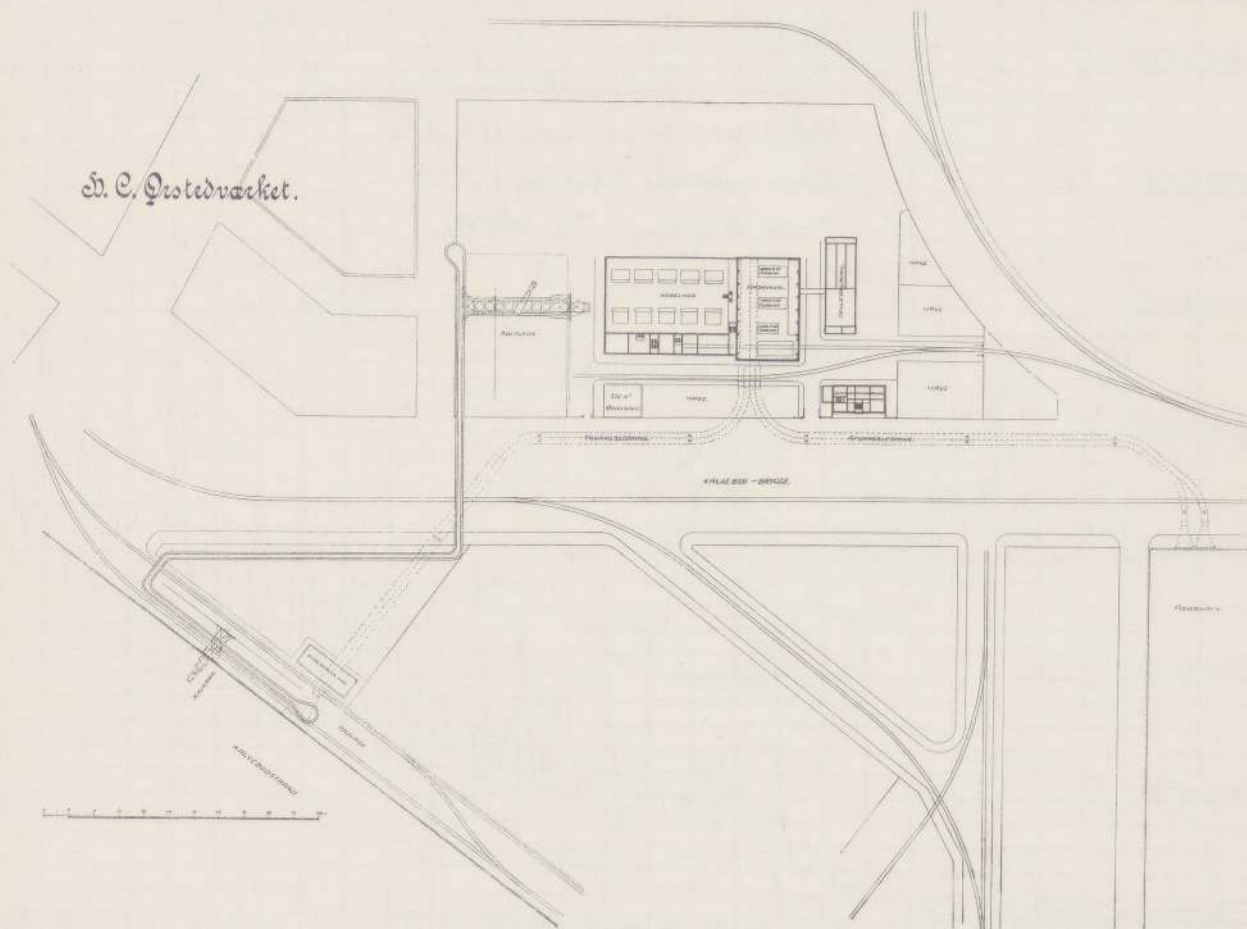


Fig. 3. Situationsplan.

Etager — hvad virkelig ogsaa er sket ved flere betydelige Anlæg i Udlandet — eller lægge Kedelhusets Akse vinkelret paa Maskinhusaksen, og dette er altsaa gjort paa H. C. Ørsted Værket.

Der opstaar da i vor Udvidelsesplan en Række paa 6 Stk. parallelle Kedelhuse, svarende til Gruppestørrelsen 25 000 kW.

Som det vil ses af Fig. 3 ligger Apparat- og Tavlebygningen parallelt med Maskinhuset, adskilt derfra ved en 12 m bred Vej. Til hver Udbygning à 25 000 kW tænkes vel Tavlebygningens Højspændingsrum tilsvarende forlænget, men dog saaledes at den egentlige Tavle- og Reguleringssal er fælles for hele Anlægget og ligger i første Udbygning.

Bygningsmæssigt vindes der betydeligt ved denne An-ordning: Maskinhuset opnaar langs hele sin ene Side, som ellers i Almindelighed ved Elektricitetsværker er dækket af Apparatbygningen, udmærkede Lysforhold og bekvem

Direkte ud mod Hovedvejen ved Indkørslen til Værket ligger Administrationsbygningen frit fra de andre Bygninger, saaledes som det ses af Fig. 3 og af Billedet Fig. 4. Den indeholder ogsaa Embedsboliger for Driftsbestyrer og Driftsingeniør foruden Portnerboligen og disponible Rum til Laboratorium.

Værksteds-, Lager- og Folkelokaler har Plads i en 2 Etages Bygning, sammenbygget med Kedelhusets Side ud mod Hovedvejen, og langs Grundens Grænse mod Syd bliver der Plads til en 45 m bred udækket Kul-plads.

Paa Fig. 3 er endvidere indtegnet Kølevands-ledningerne, som skulde række til Halvdelen af det fuldt udbyggede Anlæg. Indtagning af Vandet sker ved Enghavebrygges Kaj, og Udløbet er i Fiskerihavnen, som igen har Udløb til det store Havneløb nord for Værket. Fra Risteværkerne ved Kajen fører en af Beton udført Dobbeltledning af tunnelformet Tværsnit med samlet



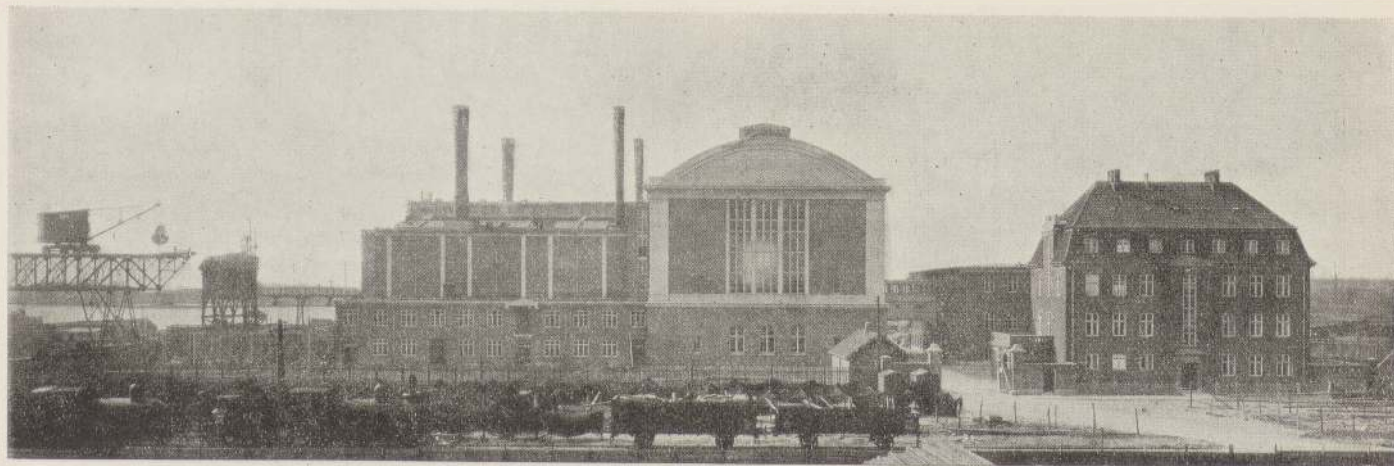


Fig. 4. H. C. Ørsted Værket set fra Vejen (1920).

Areal  $4 \text{ m}^2$  og af en Længde af 240 m til Kølevandskanalen i Maskinhuset. Denne sidste Del af Kanalen har Dimensionerne  $3 \text{ m} \times 5 \text{ m}$ . Det brugte Vand føres til den noget mindre Afløbskanal, som i selve Maskinhuset ligger

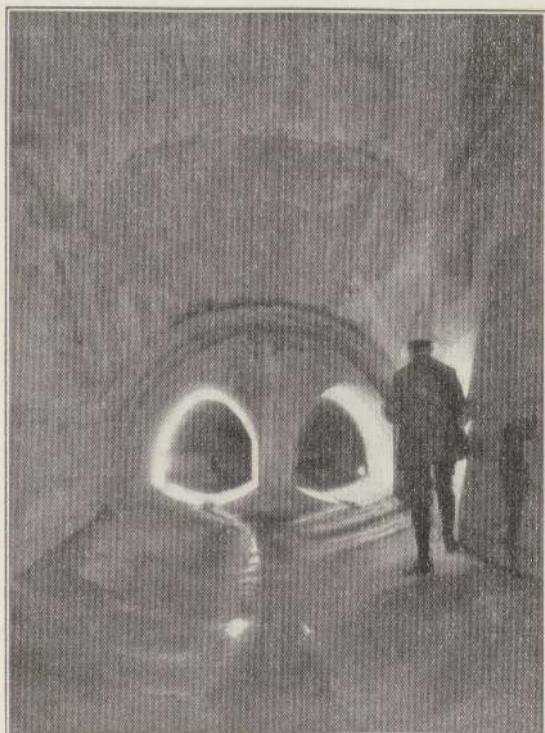


Fig. 5. Tilgangsledningen under Maskinsalen ved Overgang fra Dobbeltledning til Enkeltledning.

langs Tilgangskanalen og har Dimensionerne  $2 \text{ m} \times 4,3 \text{ m}$ . Paa begge Ledninger findes de fornødne Inspektionsbrønde. Fig. 5 og 6 viser et Par Billeder fra disse Kanaler.

Paa Fig. 3 er endvidere indtegnet Kultransportanlægget fra Kaj til Værket. Det bestaar af en elektrisk Lossekran ved Kajen, en Kabelbane ind til Værket og en Pladskran paa Kulpladsen forsynet med Svingkran. Kapaciteten af dette Anlæg er ca. 125 Tons i Timen. Pladskranen, som kan bevæges paa langs, og hvis Svingkran kan bevæges paa tværs over Kulpladsen, tjener dels til Distribution af Kullene over Pladsen, idet Kulvognene fra Kabelbanen kan køre ud over Pladsen, dels til Flytning af Kullene over Kulpladsen. Paa Kulpladsen er yderligere opstillet en Kulknuser med Elevator og Kulharpe. Losseanlægget paa Kajen ses af Fig. 7.

Værket staar ved Spor anlæg i Forbindelse med Statsbanernes Havnespor; Sporet fører ind fra Vasbygade og fordeler sig inde paa Værkets Grund dels til Maskinhuset og dels til et mod Kulpladsen gaaende Spor. Som det fremgaar af Planen kan Kranen i Maskinsalen direkte aflæsse Jærnbanevognene, og Sporet er endvidere forlænget ind i selve Maskinværkstedet.

Bygningerne er i det væsentlige udført af Jærn-Beton og er af Hensyn til den opfyldte Grund bygget paa Jærn-Betonpæle.

Kedelhusets Dimensioner er  $30 \text{ m} \times 50 \text{ m}$ . Hvad Kedeltypen angaar, har vi efter vore mangeaarige Erfaringer foretrukket Vandrørskedler, som er relativt eksplo-

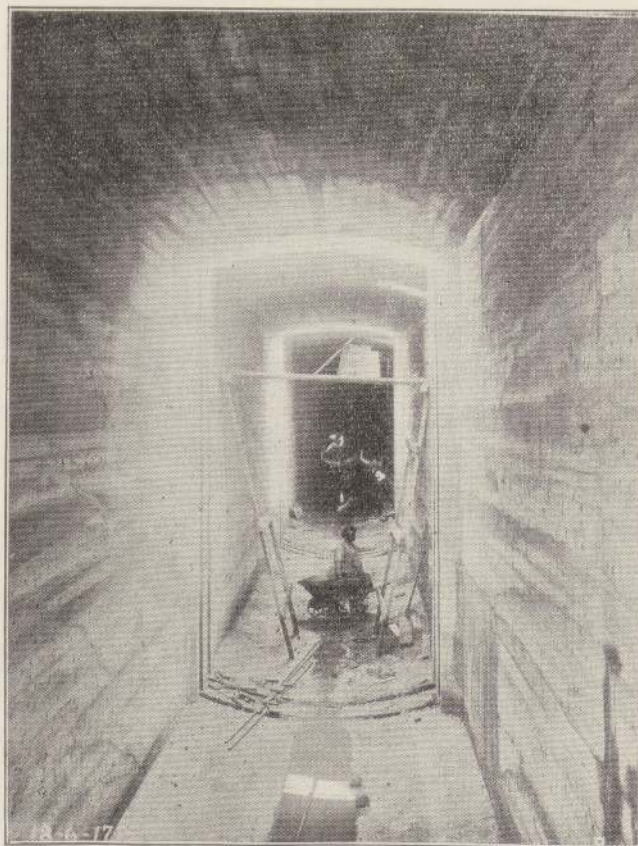


Fig. 6. Afgangsledningen under Maskinsalen.

sionssikre, og som kun optager et lille Gulvareal i Forhold til Røgrørskedlerne. Dampspændingen er valgt til 15 Atm. Arbejdstryk, efter at vi gennem Aarene er steget ved Nyanlæg fra 10 Atmosfærer til 11 og sidst ved Østre



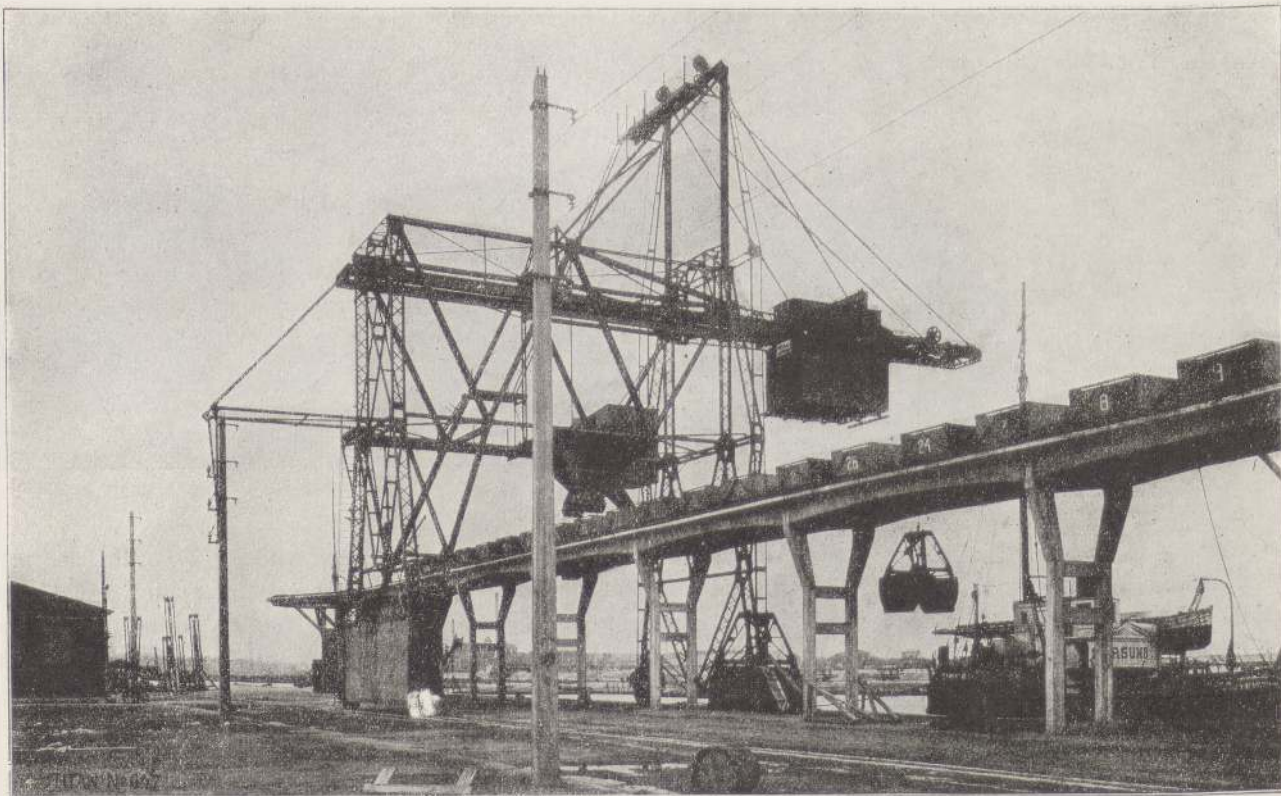


Fig. 7 Kullosningsapparat paa Kajen, H. C. Ørsted Værket.

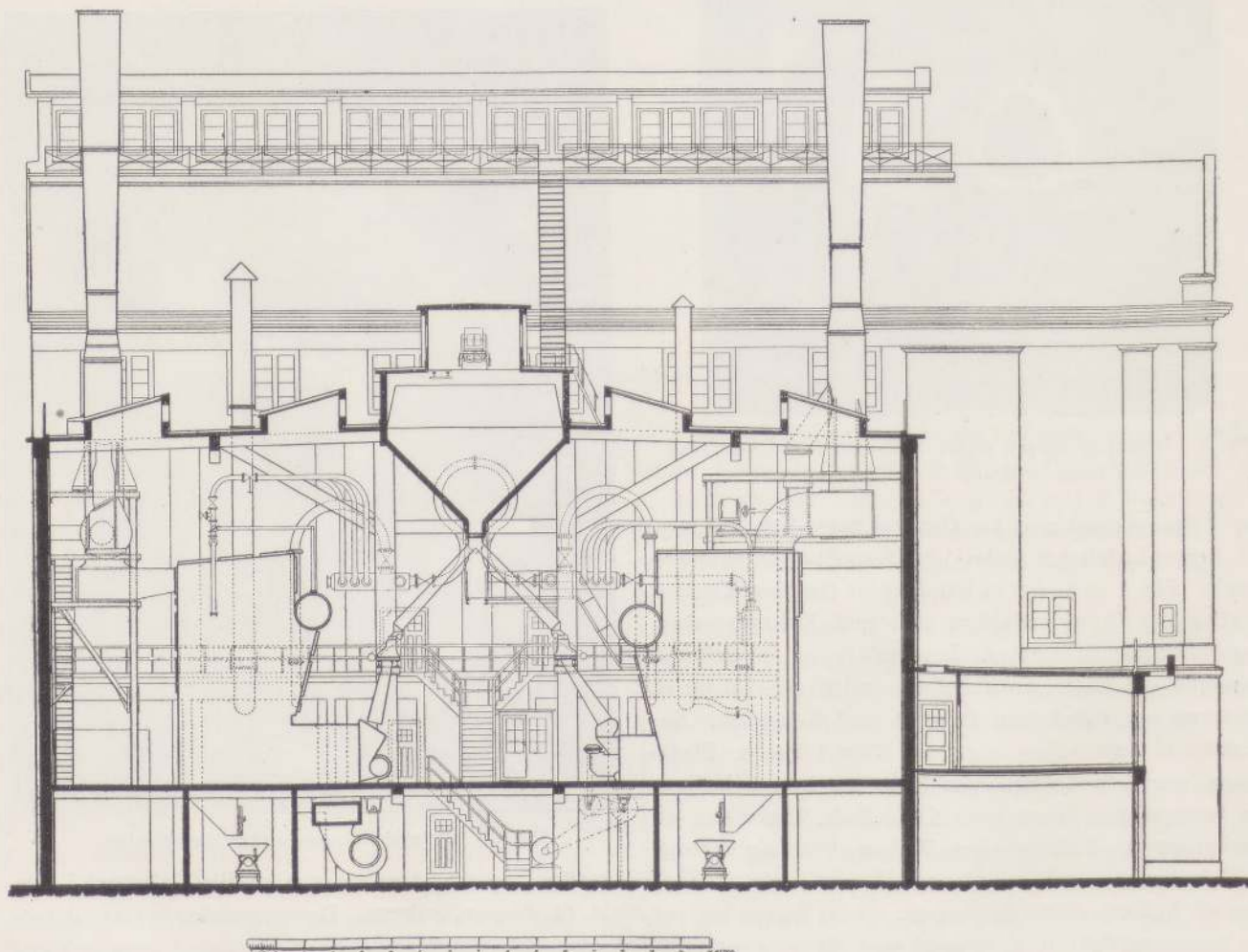


Fig. 8. Snit i Kedelhuset.



Elektricitetsværk og ved Udvidelsen af Gothersgades Elektricitetsværk til 12 Atm.

Vi har ikke ment, at der endnu forelægger tilstrækkelige Erfaringer med ekstra høje Spændinger, som f. Eks. 25 til 30 Atm., idet man her paa ethvert Punkt af Dampsystemet kommer udenfor Normerne og derfor paa ethvert Punkt kommer ind paa Special-Konstruktioner og udenfor Erfaringens sikre Grundlag. Kedlerne er forsynede med Overhedere til 350° Temperatur.

Kedlerne er endvidere forsynet med Sugetræk, konstrueret for indirekte Sugning efter Dr. Schwabachs System. Skønt det ikke har været uden Betæneligheder, at vi har valgt dette System, har Erfaringerne i de senere Aar før Krigen fra en Mængde Anlæg med kunstig Træk imidlertid faaet vore Betæneligheder til at vige. Den hensigtsmæssigste Ordning af Sugetrækket medfører, at hver Kedel har sin Economiser, saaledes at hver Kedel, Overheder og Economiser danner en Enhed. Arrangementet ses paa Snittegningen Fig. 8, og medens de 2 Kedler, som staar nærmest Maskinhuset, hver har sit eget Sugetræk-Anlæg med tilhørende Skorstene, er der 4 Sugetræk-Anlæg med 4 Skorstene for de øvrige 8 Kedler. Til Reserve er der Dampjektør ved hver Skorsten, og uden kunstig Træk kan Kedlerne yde omtrent Halvdelen af den normale Damp.

For at undgaa falsk Lufttilførsel, som vilde medføre Afkøling i Kedlen og forøge Kraftforbruget til Sugetrækket, er Kedlernes Murværk og den overliggende Economiser helt beklædt med Staalplader, der igen er isolerede mod Varmetab med Asbest og Molérsten. Fra Economiser til Skorsten fører der en kort Kanal af Jærnplader, og det vil saaledes forstaaes, at Røgens Føring bliver den simplest mulige og giver den mindst mulige Anledning til Tab.

Kedlernes Spædevand, altsaa Tilskudsvandet til Turbinernes Kondensat, faas fra Evaporatorer, og til Kedlernes Fødning anvendes Højtryks-Centrifugalpumper, drevet enten af Dampbakterier eller af Elektromotorer, hvorved det bliver muligt at arbejde med fuldstændig oliefrigt Fødevand. Til Reserve findes et Permutit-Vandrensningsanlæg.

Paa Billederne, Fig. 8 og 9 er vist Kedelhuset i Tværsnit og i Længdesnit. Terrainet er som anført kun 2 m over daglig Vande, og Kælder under Terrainet er derfor undgaaet. Selve Fyrplads-Gulvet ligger 3½ m over Terrainet, og der dannes derved en Askekælder i Terrainhøjde, som muliggør en let og bekvem Adgang for Askens Bortfjernelse. Som det vil ses, er Kedlerne ordnet i 2 Rækker med Fyrpladsen imellem, og hele Kedelhuset faar fortrinligt Ovenlys.

Kultilførslen fra Kulpladsen til Kedlernes Fyrapparater er ordnet saaledes, at Kullene ved Hjælp af en Skrabe-transportør paa Kulpladsen føres ind i en Grube ved Kedelhusets Gav. Ved Hjælp af en Bægerelevator løftes Kullene op i Kedelhusets Top, hvor en vandret Rem-Transportør fordeler Kullene til de enkelte Kulbeholdere. Gennem Pladejærnsrør kan de herfra glide ned igennem automatiske Vægte (af System »Libra«), een Vægt for hver Kedel, og derfra til Kultragtene over Kæderistene.

Kedlerne er alle af Marinetypen, og der er som omtalt installeret 10 Stk. ialt. Hver Kedel har 550 m<sup>2</sup> vandberørt Hedeflade, incl. Overheder og Economiser ca. 1 000 m<sup>2</sup>, med en Ydeevne pr. Kedel af 15 à 20 000

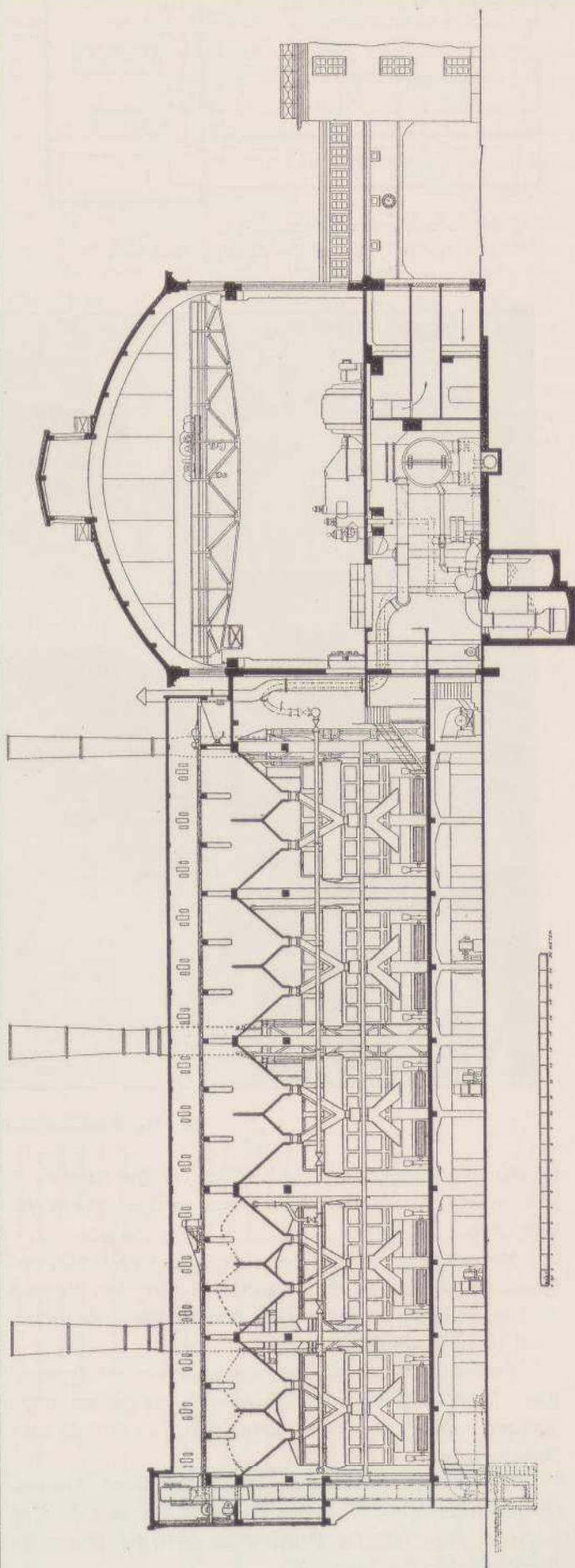


Fig. 9. Længdesnit i Kedelhus, Tværsnit i Maskinsal.



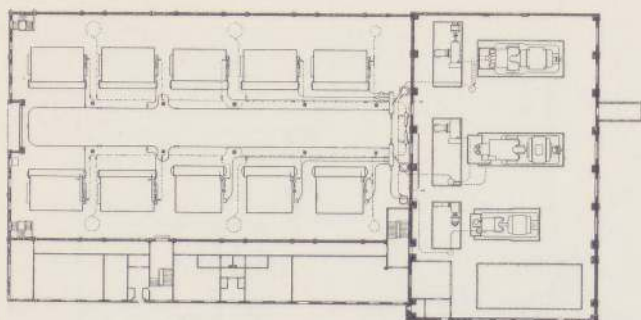


Fig. 10. Plan af Kedelhus og Maskinsal.

Dampen i 2 store Dampsamlere, findes der desuden fra hver Kedel Forbindelse til en Hjælpedampledning, som fører Damp til Fødepumper, Evaporatorer, Opvarmning, Sugetræk m. m.

Maskinhusets Bredde er 23 m, Længden 40 m, og Højden til Rytteren over Terrainhøjde er 16,5 m. Maskinsalgulvet er hævet ca. 7,5 m over Terrainet af Hensyn til Placeringen af Turbinernes store Kondensatorer i Kælderetagen. Gennem Maskinhuset kører en elektrisk 50 Tons Kran med et 4 Tons Hjælpespil. Foruden udmærket Lys og Ventilation, som opnaas igennem den lange Sidevæg og østre Gavl, faar Salen yderligere gode

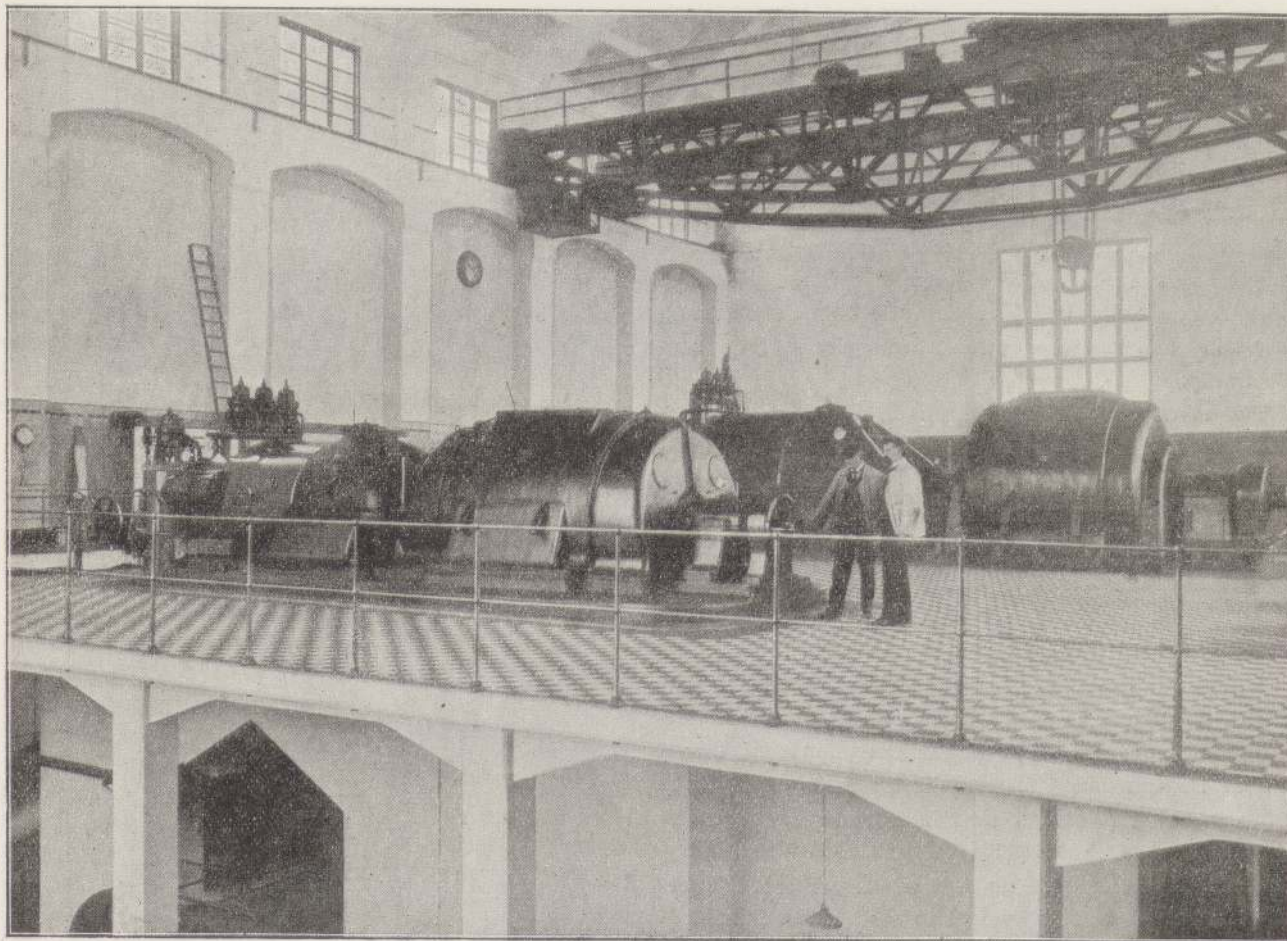


Fig. 11. Maskinsalen med Turbinerne I og II.

kg Damp i Timen. De 3 af Kedlerne er fra Babcock & Wilcox og Resten fra Jönköpings mekaniska Werkstads A/B.

Medens Babcock & Wilcox har leveret de 6 Stk. mekaniske Kæderiste til de 3 skotske Kedler, har Firmaet Nyeboe & Nissen leveret 14 Stk. Vandreriiste med Underblæst til de 7 svenske Kedler.

Economiserne er alle udførte med vandret liggende Rør. De 6 først leverede Economisere har galvaniserede Staalrør, medens de sidste 4 Economisere er udførte med Støbejernsrør.

Endvidere bemærkes, at der er installeret Reserve-Olieindfyringsanlæg af James Howdens System i de 4 af Kedlerne samt udenfor Bygningerne indrettet et mindre Beholderanlæg for Brændolie.

Af Planen Fig. 10 fremgaar Hovedfordelingen af Dampledningerne. Medens Hoveddampledningerne samler

Lys- og Luftforhold fra den store Rytter over hele Maskinhusets Tag.

I Maskinhuset er der opstillet 3 Turbogeneratorer. Den første er paa 6 000—8 000 kW  $\times$  3 000 Omdr. pr. Min., den anden paa ca. 10 000 kW  $\times$  1 500 Omdr. og den tredje paa 10 000 kW  $\times$  3 000 Omdr. pr. Min. Forholdene under Krigen har gjort, at dette Anlæg desværre ikke fremtræder homogent. Der var oprindeligt tænkt 3 Turbiner paa 8 000 kW paa 1 500 Omdrejninger pr. Min. Firmaet Brown, Boveri & Cie. har leveret alle 3 Maskiner.

Turbinegeneratorerne udvikler ligesom Østre Elektricitetsværk 6 000 Volt 3-faset Strøm med 50 Perioder, og de er direkte koblet hver med sin Magnetiseringsmaskine. Hver Turbine har sit eget Kondensationsanlæg.

Som det ses af Fig. 9 og 10 er Turbinegeneratorerne opstillet med Akslen tværs paa Salens Længde-



retning. Dette i Forbindelse med, at Kondensatorerne ligger paa langs af Salen, giver en god Deling af Maskinhuset i den damptekniske Side og den elektriske Højspændings-

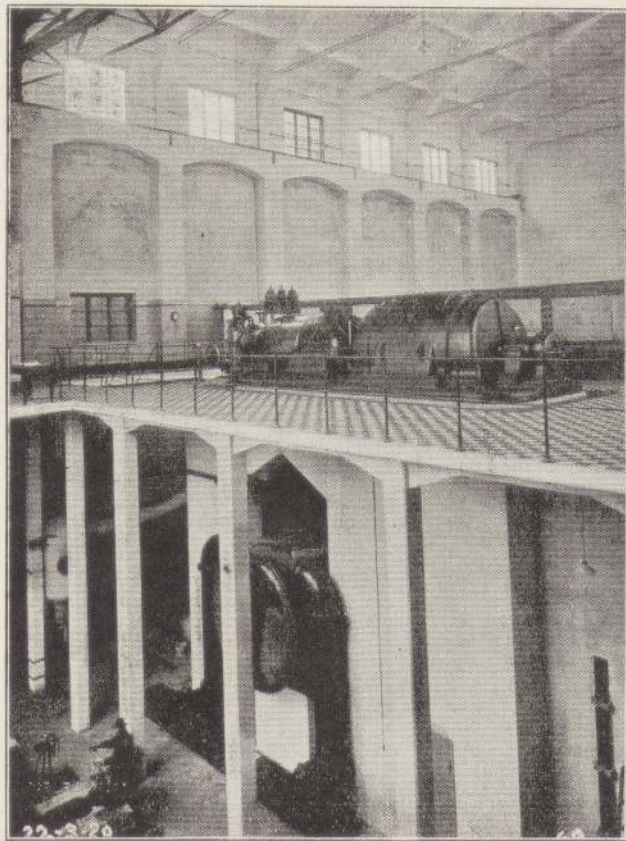


Fig. 12. Turbine I med Kondensator.

dingsside. Kondensatorernes Maskineri har Plads i Kælderen under Damp turbineenden; for Turbine I er Kon-

densationspumperne alle paa samme Aksel drevne af en elektrisk Motor paa 200 HK., for Turbine 2 drevne af en Damp turbine paa 270 HK., og ved Turbine 3 kan Pumperne drives enten ved Damp turbine eller ved Elektromotor, nemlig af en Damp turbine ved Startningen eller i Reservetilfælde, og i den normale Drift ved en Elektromotor paa 300 HK. Kondensatorernes Endedæksler er todelte, saaledes at en Tilpropning af enkelte utætte Rør kan ske uden at sætte hele Kondensatoren ud af Drift. Magnetiseringsmaskinerne er henholdsvis for de 3 Turbogeneratorer paa 110, 220 og 110 Volt, og Spændingsreguleringen sker alene paa Magnetiseringsmaskinens Shunt. Paa Fig. 11 er vist et Billede af Maskinsalen med Turbinerne I og II, og paa Fig. 12 ses Turbine I med den underliggende Kondensator.

Af Længdesnittet Fig. 9 ser man Turbinens Understøtning og Befæstelse til Fundamentet. For Tilførsel af frisk Luft til Generatorerne er der mellem Maskinhusets Sidemur ud mod Vejen og Turbinefundamenterne dannet en særlig Friskluftskanal, og Luften filtreres, inden den kommer til Generatorerne af Luftfiltre af Delbags System, bestaaende af oliefugtede Staalringe indlagt i Celler, hvorigennem den friske Luft suges.

Den varme Luft blæses gennem en Varmluftskanal for hver Generator ud til fri Luft.

De gode Pladsforhold i Maskinsalen har muliggjort en smuk Ordning af Højspændingskabernes Forbindelse med Generatorerne, idet der umiddelbart op til hver Generator er blevet Plads til at bygge et særligt Højspændingskammer, hvortil Adgang selvfølgelig er elektrisk blokeret. I Blokledninger under Vejen føres den højspændte Strøm af respektive 4 og 6 Stk.  $3 \times 95 \text{ mm}^2$  og  $3 \times 120 \text{ mm}^2$  Kabler til Tavlebygningen.

### DIAGRAM FOR 3 GRUPPER.

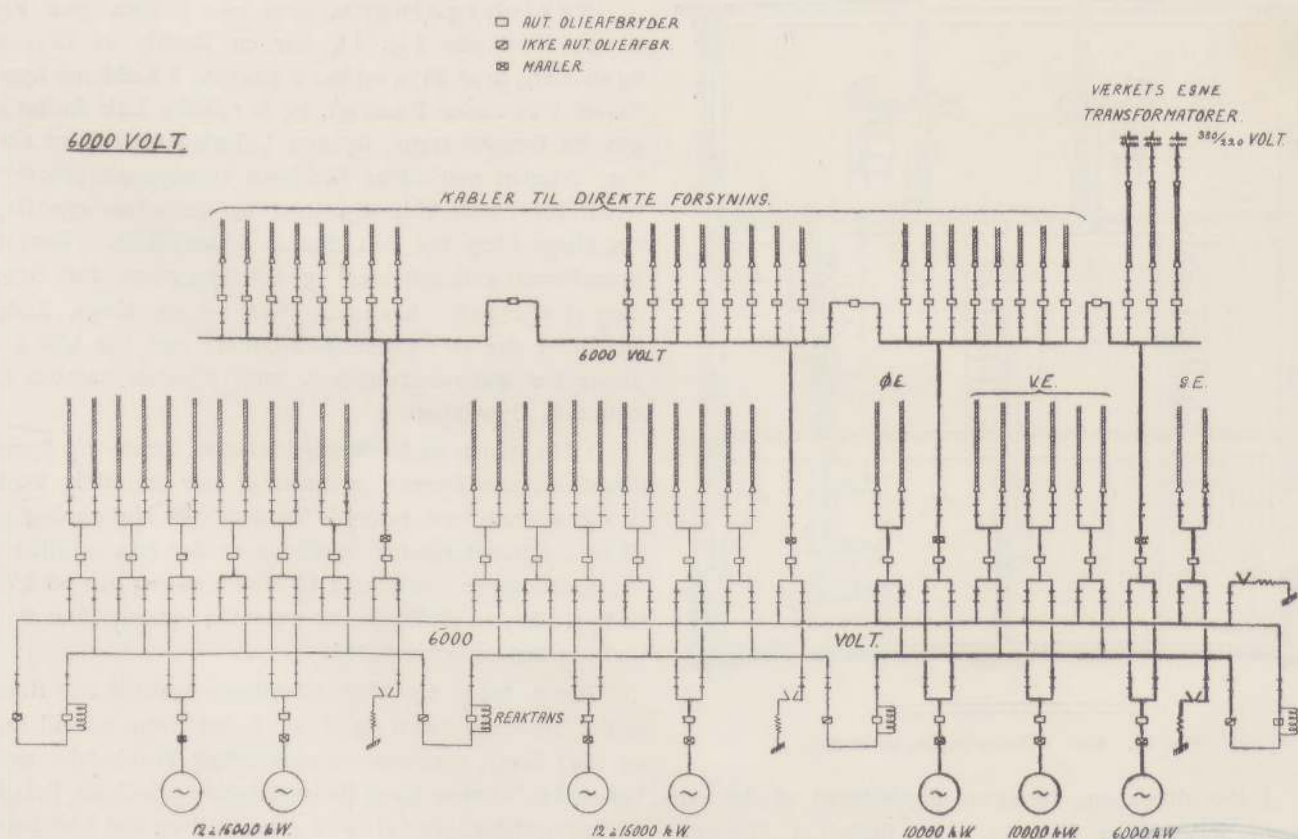


Fig. 13. Enpolet Strømskema for 6000 Volt.





For hele det principale Højspændingsanlæg i Modsætning til det sekundære er der saavidt mulig lagt Vægt paa Adskillelse mellem de 3 Faser og udstrakt Anvendelse af Gennemføringsisolatorer. Sikkerhedsapparaterne for Generatorer og Kabler er fjernstyrede Olieafbrydere, for Hoved-Gruppeafbrydernes Vedkommende beregnet paa en Brydningseffekt af 75 000 kVA, d. v. s. det tredobbelte af Hovedgruppernes Produktionseffekt.

samleskinne System, som normalt fører Strømmen, og et Reservesamleskinne System, som i Tilfælde af Uheld kan træde til. Hovedskinne-Systemet inddeles som tidligere berørt, i Grupper paa 25 000 kW. Der kommer Gruppe-Olieafbrydere og Dæmpespoler til indbyrdes Forbindelse af disse Grupper. Strømmen fra Samleskinnerne gaar dels til Omformerstationerne — og det er den største Del —, dels til direkte Vekselstrøms-



Fig. 15. Tavlesalen.

Angaaende den fremtidige Hovedanordning af Strømfordelingen skal kun rent skematisk anføres følgende, idet der iøvrigt henvises til den mere udførlige Behandling af dette Emne i Afdelingsingeniør v. Holstein Rathlous Foredrag.

Forsyning og dels til Værkets Lys- og Motoranlæg. Hver af de to sidste Grupper staar ogsaa ved Hoved-Olieafbrydere i Forbindelse med Samleskinnerne.

For de enkelte Forgøreninger til den direkte Vekselstrøm ligesom for Transformatorene til Værkets eget Lys- og Motoranlæg findes mindre Gruppeafbrydere.

Tavlebygningen, som ses i Plan paa Fig. 3 og i Snit paa Fig. 14, har en Bredde af  $12\frac{1}{2}$  m og en Længde af 38 m og har 3 Etager. I Kælderen ligger Gulvet 1 m under Terrainet, og her findes Kabelindføringen fra Generatorerne, ligesom Udføringen til Byen sker her; desuden indeholder Kælderen Overspændingsbeskyttelsen for Samleskinne-Systemet og de sekundære Højspændingsanlæg for den direkte Vekselstrøm. Værkets Transformatoroliebeholder og Oliefilterpresse for Rensning af denne Olie, har ogsaa Plads i denne Etage. Endelig findes der et Akkumulator-Batteri paa 100 kW i 3 Timer for Manøvestrømmen, samt Hjælpedynamoen til Batteriets Opladning.

I Stueetagen findes Samleskinnerne, Strøm- og Spændingstransformatorene, desuden er der fremtidig Plads til ialt 4 Transformatore til Værkets eget Motoranlæg og til en Lystransformator; foreløbig er der kun opstillet 2 Transformatore à 600 kVA til Motorerne og 1 a 50 kVA til Lys. Resten af Etagen er væsentlig optaget af et Forsøgs- og Mekanikerværksted.

Paa 1. Sal er Hovedolieafbryderne opstillet i to Rum, et for Generator-Siden og et for Kabel-Siden, adskilt ved en bred Gang, som staar i umiddelbar Forbindelse med Tavlesalen; i denne Gang findes Værkets principale Relais-System opstillet, samt Haandtagene til Brug ved Lednings-

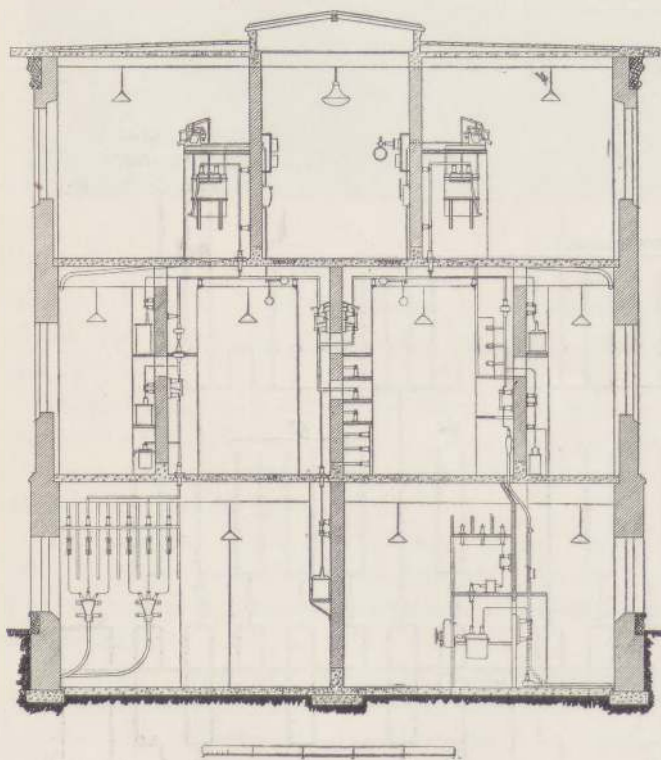


Fig. 14. Snit i Højspændingsanlægget.

I Hovedtrækkene fremgaar Fordelingen af det eenpolede Strømskema Fig. 13. Der findes et Hoved-



nettets Olieafbryderes Indsætning. Tavlesalen staar ved en Bro over Vejen direkte i Forbindelse med Maskinsalen. Broens nedre Del giver Plads for en Kabelgang til Overføring af Telefon- og Magnetiseringskabler samt af Lys- og Motorledninger til Værkets eget Kraftanlæg, som ialt i første Udbygning vil omfatte ca. 2 000 HK.

Tavlesalen, som ses paa Fig. 15, er et med Ovenlys fortrinligt belyst Rum, der er beregnet til det fuldt udbyggede Anlæg; foreløbig er kun en Pult for 3 Generatorer, en Tavle med Instrumenterne til Omformerstationernes Ledninger, en Tavle for de sekundære Højspændingsanlæg, en Tavle for Værkets Belysning og for Akkumulatorbatteriet og saa endelig Celleskifteren opstillede her. Endvidere findes her Værkets Telefoncentral, med Forbindelse til de andre Elektricitetsværker samt til Hovedcentralen.

Bevillingen til Værkets Anlæg andrager ca. 9 Mill. Kr., men vil sikkert blive betydeligt overskredet, saaledes at Udgiften kommer paa over 400 Kr. pr. kW. Før Krigen kunde man som bekendt regne under 200 Kr. pr. kW. Driftsøkonomien har fuldstændig svaret til Forventnin-

gerne. Med gode Kul paa 7 000 cal. er der i den daglige Drift anvendt  $\frac{3}{4}$  kg pr. kWh: ca. 17 pCt. termisk Virkningsgrad.

Endnu skal tilføjes, at Turbogeneratorerne er leverede fra Brown, Boveri & Cie, Kultransportanlægget fra A/S Titan, Højspændingsanlæggene fra A/S Asea og A/S Laur. Knudsen.

Værkets Bygninger er tegnede og opførte af Architekt *Fussing* med Bistand for Jærnbetonkonstruktionernes Vedkommende af Professor *Suenson*. Hovedentreprenøren af disse har været Murermester *Rothe*.

Elektricitetsværkernes Byggekonto har under min Ledelse udført de meget omfattende Projekteringsarbejder og ført Tilsynet ved Arbejdets Udførelse. Herved har jeg haft udmærket Støtte af Afdelingsingeniør, Docent *E. v. Holstein Rathlou* og Ingeniør *Th. Hansen*, der begge har været medvirkende fra første Begyndelse. Endvidere har først Ingeniør *Ørum* og senere Professor *Thomsen* deltaget i Projekteringen af den damptekniske Del af Anlægget. Jeg bringer samtlige disse Herrer min bedste Tak for deres Andel i dette store Anlægs lykkelige Fuldførelse.



## Det elektrotekniske Anlæg paa H. C. Ørsted Værket i København.

Af Afdelingsingeniør E. v. Holstein Rathlou.

Efterhaanden som Elektricitetsbehovet i København i Aarenes Løb voksede, og Elektriciteten formaaede at trænge ind overalt i Fabrikkerne og i Hjemmene, blev det de ledende Ingeniører indenfor Elektricitetsværkerne klart, at de 3 eksisterende Værker, Gothersgade Elektricitetsværk, Vestre Værk og Østre Værk ikke i Længden vilde kunne tilfredsstille Forbruget, og at man rationelt maatte gaa til at bygge en Kraftstation, der for en længere Aarrække ved passende Udvidelser dels kunde overtage det frem-

tetsværker med tilhørende Understationer er alle konstruerede for 6000 Volt.

Under Forarbejdelsen til H. C. Ørsted-Værket blev det alvorlig overvejet eventuelt at anvende en højere Spænding f. Eks. 25—30,000 Volt, idet man ansaa dette for den højst tilraadelige Spænding for Kabelanlæg. Man vilde da bibeholde den lavere Spænding for alle de sekundære Anlæg paa Fabrikker og i de mindre Transformatorstationer, samt for de nuværende Omformere, hvorimod alle nye

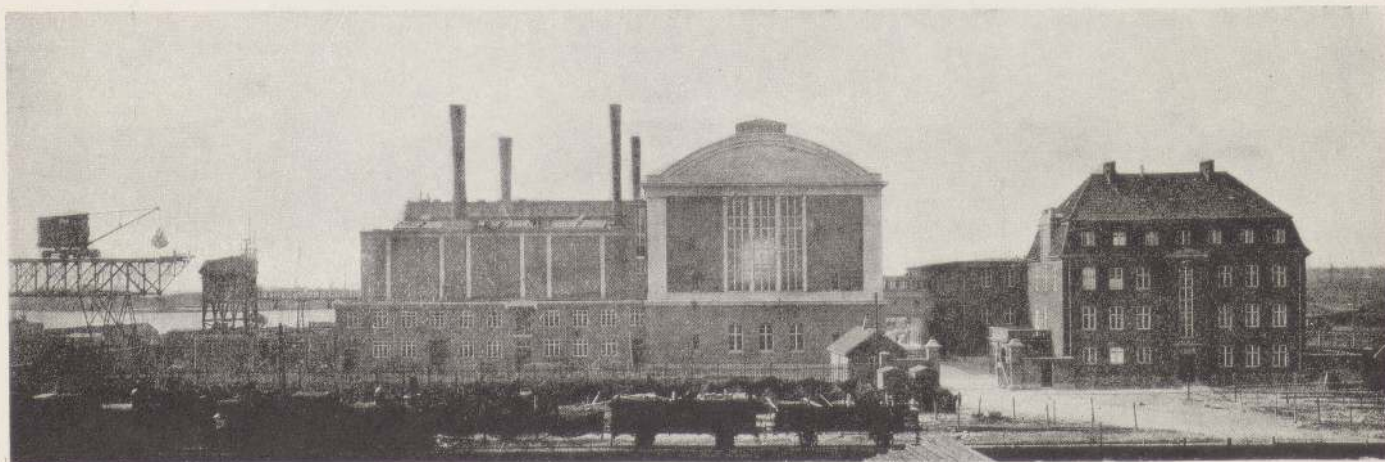


Fig. 1. H. C. Ørsted Værket set fra Vejen (1920).

tidigt tilkommende Forbrug og dels kunde erstatte de eksisterende Værkers i Tidens Løb for en stor Del forældede og uøkonomiske Maskinanlæg.

Dette nye Elektricitetsværk (Fig. 1), der paa Grund af de ugunstige Forhold, som Krigen medførte, først naaede at blive sat i Drift i Begyndelsen af Aaret 1920, og som er bleven opkaldt efter vor store Landsmand H. C. Ørsted, skulde, saaledes som det var planlagt, tilfredsstille Byens Krav til Elektricitet op indtil et Forbrug paa henimod halvdelen af Hundrede Tusinde kW.<sup>1)</sup>, saaledes at Kedelhusene, der staar vinkelret paa Maskinsalen, hver indeholder et Antal Kedler, der er tilstrækkelig til Forsyning af den paagældende Sektions Turbiner.

Paa Fig. 2 a er for den elektriske Dels Vedkommende vist denne Sektionsdeling mellem de enkelte Afsnit af Højspændings-Samleskinnerne.

Den første Sektion vil ialt komme til at indeholde den allerede arbejdende 6000 kW Maskine, samt yderligere 2 Stkr. 10,000 kW Maskiner, hvoraf den ene blev sat i Gang i Efteraaret 1920, den anden ventes taget i Drift i Løbet af Efteraaret 1922.

Højspændingsanlæggene paa de nuværende Elektrici-

Omformere skulde være Etankeromformere med Nedtransformering direkte fra 25,000 Volt.

Maskinerne paa Kraftværket skulde da være byggede for en Spænding af 6000 Volt, saaledes at de efter Ønske kunde arbejde i Paralleldriften med de nuværende tre Turbiner paa Østre Elektricitetsværk, eller for hver Maskine gennem en Transformator paa 6000/25000 Volt arbejde paa de 25,000 Volt Samleskinner (Fig. 2b).

Det viste sig imidlertid ved de opstillede Beregninger, at man ikke ved første Udbygning af H. C. Ørsted Værket vilde have noget økonomisk Udbytte af en saadan Ordning, samtidig med at man under de herskende Krigsforhold maatte anse det for risikabelt at fremskaffe Kabler og Apparater for en saadan Spænding.

H. C. Ørsted Værkets første Sektion er derfor bygget for Spændingen 6000 Volt, men der vil ikke være noget til Hinder for, at den følgende Sektion af Værket, saafremt Forholdene maatte tale derfor, kunde bygges for den højere Spænding.

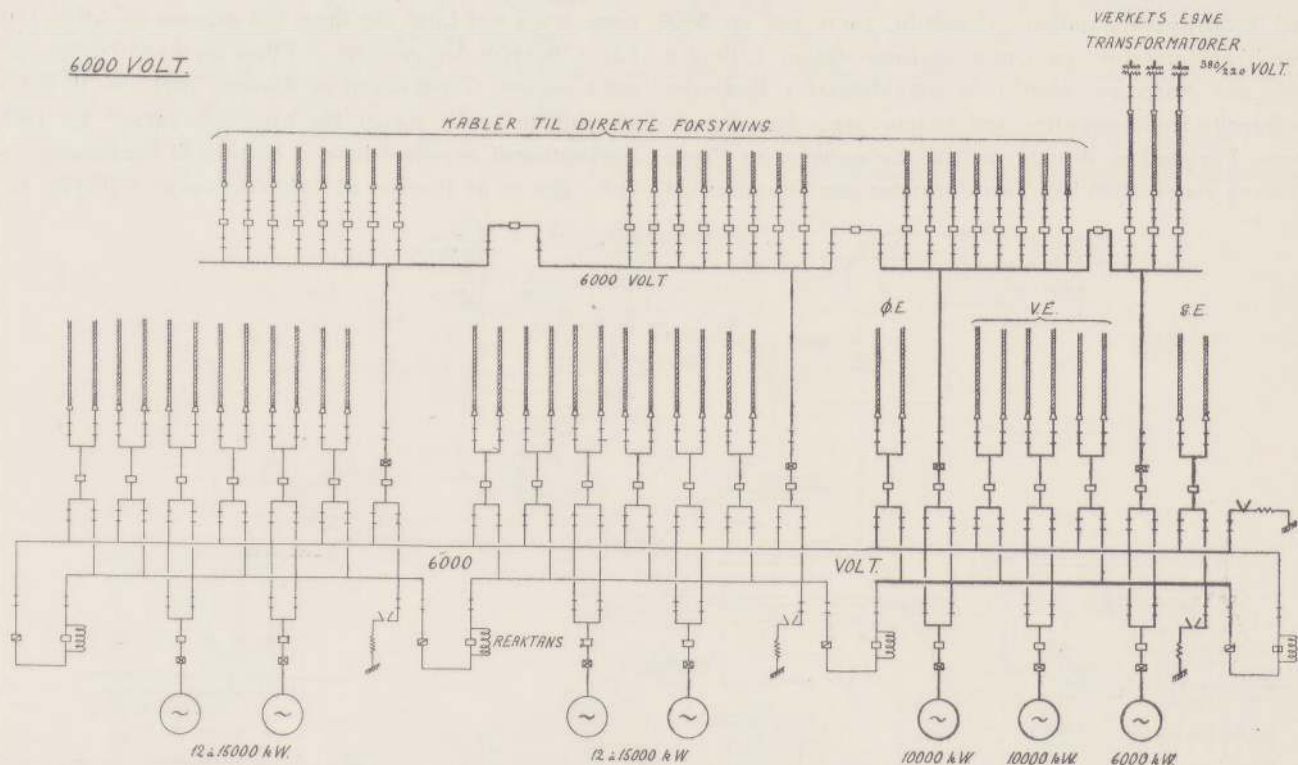
Københavns Elektricitetsværker med tilhørende Understationer er fordelt ud over Byen saaledes som det fremgaar af Overingen. Hentzens Foredrag, Plan 1, og den indre Forbindelse mellem disse Anlæg vil principmæssig fremgaa af Fig. 3. Hertil kommer yderligere et stort

<sup>1)</sup> Værket er tænkt bygget i Sektioner med 2—3 Turbiner paa tilsammen ca. 25 000 kW.

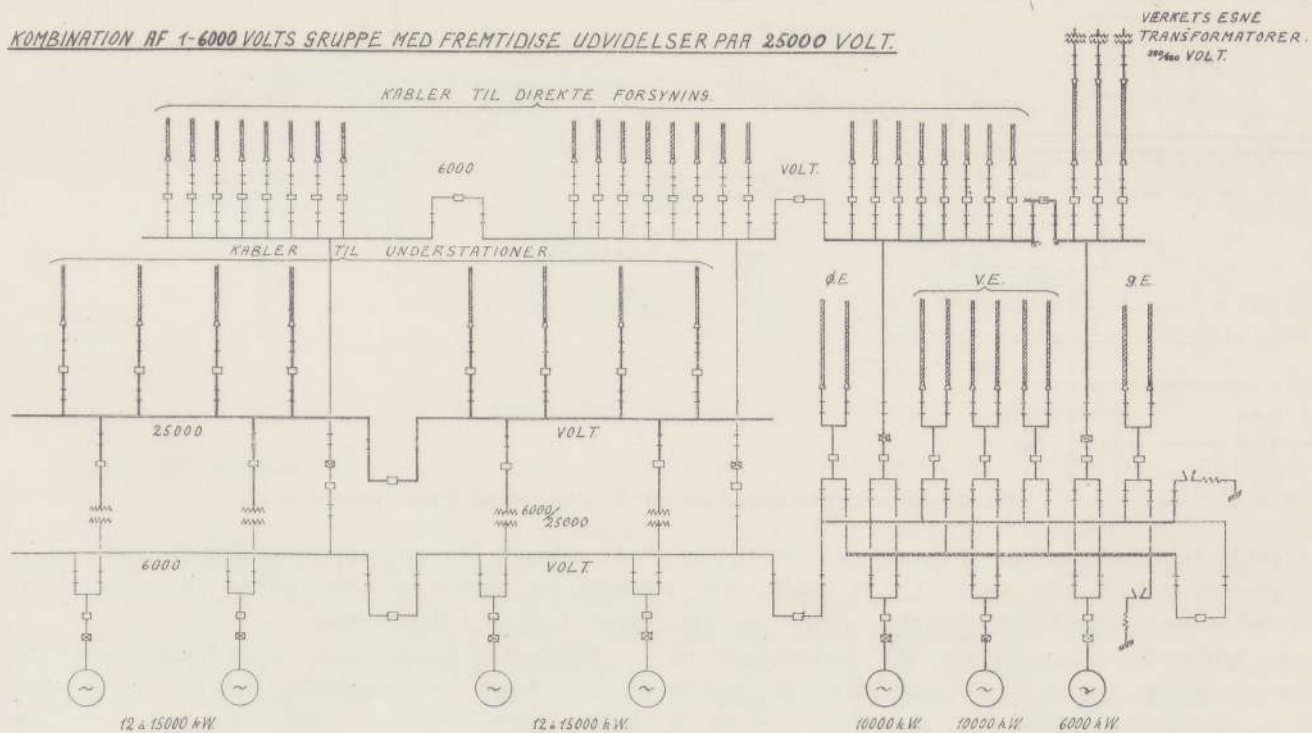


DIASRAM FOR 3 GRUPPER

- AUT. OLIEAFBRYDER
- ▣ IKKE AUT. OLIEAFBRYDER
- ⊞ MÅLER



KOMBINATION AF 1-6000 VOLTS GRUPPE MED FREMTIDIGE UDVIDELSER PAA 25000 VOLT.



Kabelnet til Forsyning af en hel Krans af Transformatorstationer, der dels forsyner Byens ydre Distrikter med Lys og Kraft ved 380/220 Volt, og dels forsyner større industrielle Anlæg. Dette System er vist paa Fig. 4, idet dog Forbindelsen mellem Kraftstationerne og Understationerne for Overskuelighedens Skyld ikke er indtegnet, idet de allerede findes angivet paa Fig. 3. Endvidere er Københavns Højspændingsnet forbundet med de 2 store

Elektricitetsværker, Finsenværket paa Frederiksberg og Nordsjællands Sporvejs- & Elektricitetsaktieselskabs Kraftværk i Skovshoved, hvorigennem der via Transformatorstationen Ørnegaarden ved Lyngby er Forbindelse med Sydsvenska A/B.s Kraftstationer ved Lagan.

Det nuværende Skema for disse indbyrdes Hovedforbindelser er ligeledes vist paa Fig. 3.

Finsenværket har 6000 Volt Spænding ligesom Køben-



havn. Nordsjælland har Spændingen 10 000 Volt, og Lags Kraftoverføringsledninger til Ørnegaarden har 50 000 Volt.

København og Nordsjælland er forbundet ved en 1000 kW Transformatorstation i Emdrup, samt ved en 3000 kW Transformator- og Omformerunderstation i Bragesgade paa Nørrebro, samt i en umiddelbart i Nærheden beliggende Koblingsstation ved Sleiernsgade kan der etableres Forbindelse direkte mellem København og Frederiksberg via en 1000 kW Transformator paa Finsenværket.

1910<sup>1)</sup>, fastsloges, at dette i Almindelighed ikke kunde lade sig gøre og heller ikke her i Byen, idet de sædvanlige Telefonsystemer derved blev udsat for Forstyrrelser, hidrørende fra tredobbelt periodiske Overtoner. Generatorerne køles ved Luft, der tages ind gennem en fælles Luftkanal, hvorfra den gennem et Filter for hver Turbine passerer gennem Generatoren og dernæst bortledes til det fri gennem en særlig Kanal fra hver Generator. En fælles Afgangskanal anvendes ikke af Hensyn til Brandfaren derved. Der er af Hensyn til Temperering af sludfyldt kold

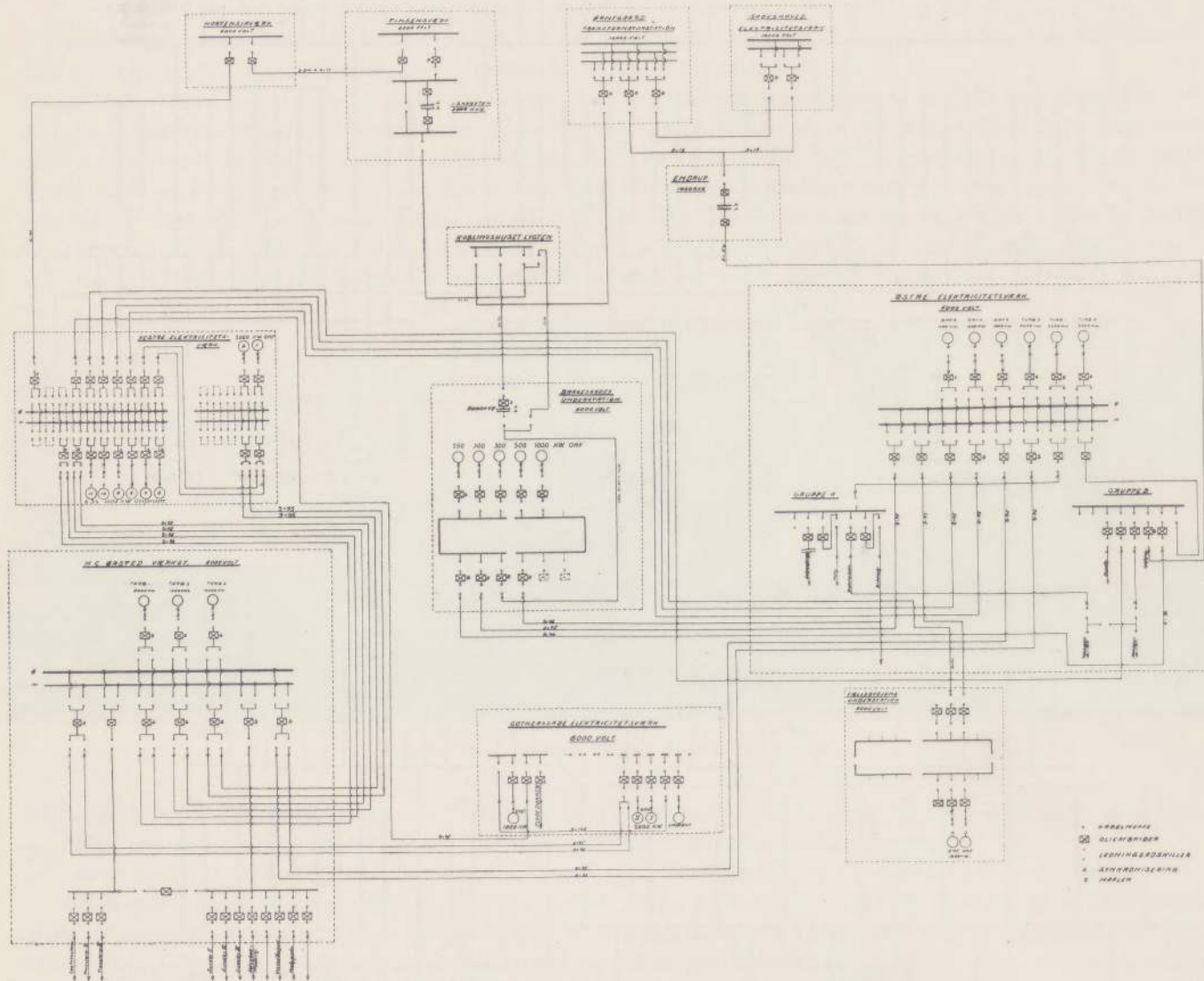


Fig. 3. Hovedforbindelserne mellem Kraftværker og Understationer.

Endvidere kan Frederiksbergs Understation Hortensiaværket gennem et 2000 kVA Kabel ( $3 \times 95 \text{ mm}^2$ ) sættes i Forbindelse med Vestre Elektricitetsværk. Der er ved passende Synkroniseringsanordninger, kW Instrumenter og Faseinstrumenter, samt Telefonforbindelser draget Omsorg for, at effektiv Paralleldrifft vil kunne finde Sted ad en eller flere af disse forskellige Veje.

Naar vi nu gaar tilbage til H. C. Ørstedværket, vil det være naturligt at begynde med Generatorerne. Disse leveres alle tre tilligemed Dampturbinerne fra A/S. Brown, Boveri & Cie., Schweiz. De er vikled for 6000 Volt og er forsynet med meget kraftige Forstærkninger af Spolehovederne af Hensyn til eventuelle Kortslutningspaavirkninger.

Nulpunktet paa Generatorerne er ikke jordforbundet, idet det ved en Række Undersøgelser, som jeg foretog i

Luft indrettet Overgangsspjæld mellem Afgangs- og Tilgangskanal, ligesom man om Vinteren vil kunne lede den varme Luft op i Maskinsalen.

Filtrene er konstruerede som en Række Kasser indeholdende Ringe, der er overtrukne med en klæbrig Vædske (Delbag-Viscin-Luftfiltre). Umiddelbart under hver Generator findes et Kammer, hvortil de 3 blanke Skinner fra Generatorens Klemmer er ført frem via Gennemføringsisolatorer (for at stoppe en eventuel Kabelbrand, før den kan naa frem til Generatoren) for Tilslutning til Endemufferne af 4, henholdsvis 6, parallelle trefasede Kabler, der gennem Kanaler i Gulvet og under Jorden er ført over til underste Etage i Tavlebygningen. Kablerne er leverede fra A/S. Nordiske Kabel- og Traadfabrikker i København.

<sup>1)</sup> se »Elektrotekniker« 29-6-1910 og 7-2-1912, E. T. Z. 22-6-1910.



I det samme Kammer findes anbragt en Strömtransformator for et Ampèremeter anbragt ved Turbinens Manøvreplads. Et saadant Instrument maa anses for en for Maskinpasseren tiltrækkelig Kontrol med Belastningen, idet man ved et saa stort Net som det københavnske, altid vil kunne forudsætte en nogenlunde konstant Faseforskydning, saaledes at Anbringelsen af et Wattmeter paa dette Sted i Virkeligheden maa anses for overflødig.

En Indication for Belastningen anbragt paa Fyrpladsen vil senere blive opsat.

Tavlebygningen adskilt fra Maskinsalen, idet der mellem de to Bygninger er fremført en 10 m bred Vej, saaledes at der kun er Forbindelse gennem en Brokonstruktion, der forneden indeholder en Kabelgang til Fremføring af Magnetiseringsledninger, samt Styre- og Signalledninger, Telefon, Maskintelegraf o. s. v., og som foroven indeholder en Forbindelsesgang til Tavlesalen i Niveau med Maskinsalens Gulv.

Man har herved opnaaet flere Fordele, nemlig: 1) Godt Lys ind til Maskinsalens »Kælder« ovenover Luftkanaler-

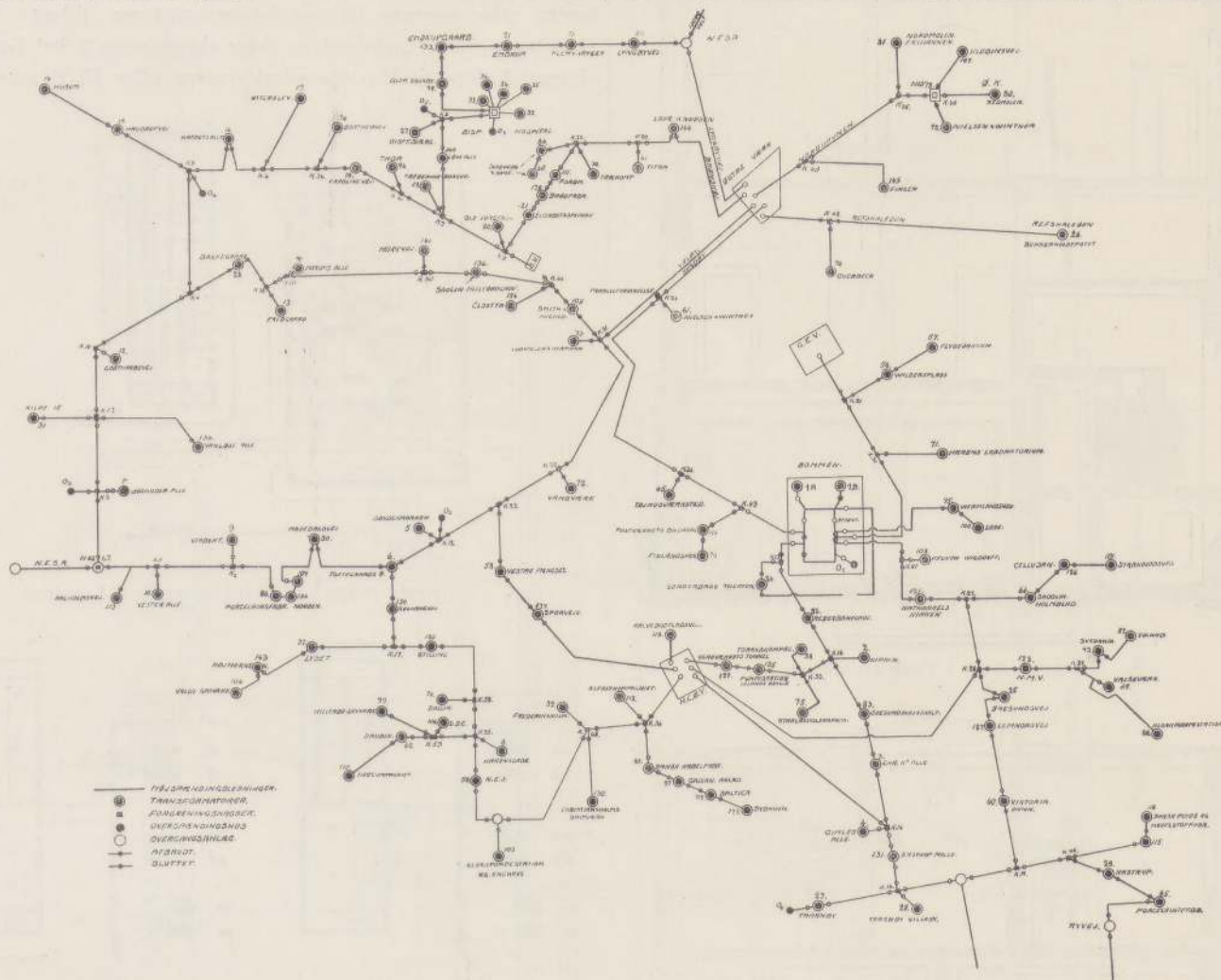


Fig. 4. Ledningsforbindelserne til Fordelingsnettet.

Magnetiseringsmaskinen for hver Generator er — som det sædvanligvis er Tilfældet — direkte koblet paa Turbinens Aksel, og dens Hovedstrøm tilføres Turbinerrotor direkte uden mellemliggende Reguleringsmodstand.

Al Spændingsregulering sker derfor udelukkende paa Magnetiseringsmaskinens Magnetiseringsstrøm. Dens Shuntledninger er derfor ført over til en Magnetreguleringsmodstand i Tavlebygningen, idet de som jærnbandsarmerede Enkeltkabler er anbragt paa isolerende Træklemmer, saaledes at der overalt er opnaaet Dobbeltisolering.

Disse Kabler er fremført under Maskinsalens Gulv og gennem Forbindelsesbroen mellem Maskinsalen og Tavlebygningen til Rummet under Tavlesalen, hvor Reguleringsmodstanden er saaledes anbragt, at den kan betjenes ved direkte mekanisk Træk fra et Haandhjæl paa Pulten ovenover i Tavlesalen.

Som det allerede vil fremgaa af det nævnte, ligger

ne 2) Gode Forhold for Tilgang og Afgang af Køleluft til Turbinerne, 3) Gode Lysforhold til de forskellige Afdelinger af Tavlebygningen, 4) fuldstændig Ro i Tavlesalen, saaledes at Tavlevagten ikke vil kunne have nogen Anledning til at blive nervøs ved Støj eller Larm i Tilfælde af alvorlige Uheld i Maskin- eller Kedelhus.

Med Hensyn til Dispositionerne for Tavlebygningen er følgende at bemærke: 1) Tavlesalen skulde ligge i Niveau med Maskinsalens Gulv i øverste Etage, saaledes at Rummet kunde blive saa lyst som muligt ved Belysning fra Sidevinduerne samt om muligt fra Ovenlys. 2) Akkumulatorbatteriet (for Manøvrestrøm og Reservebelysning) og Kablerne maatte anbringes i Kælderen. 3) Olieafbryderne ønskedes placeret saaledes, at Tavlevagten i Tilfælde af, at den elektriske Fjernstyring skulde svigte, vilde kunne være i Stand til at betjene dem med Haanden. Endvidere maatte der være Sikkerhed for hurtig og let Aflob for Olien i Tilfælde af Eksplosion. 4) Ledningsadskillelserne



for et givet Felt ønskedes anbragt i samme Etage paa en saadan Maade, at en Mand kunde betjene de Ledningsadskillere, der er anbragt før og efter en Olieafbryder, uden at skulle flytte sig fra Stedet. 5) Samleskinnerne ønskedes anbragt som to parallelle Sæt paa langs gennem Bygningen med Tilslutning fra samtlige Generatorer paa den ene Side og med Afgang for samtlige Kabler paa den anden Side.

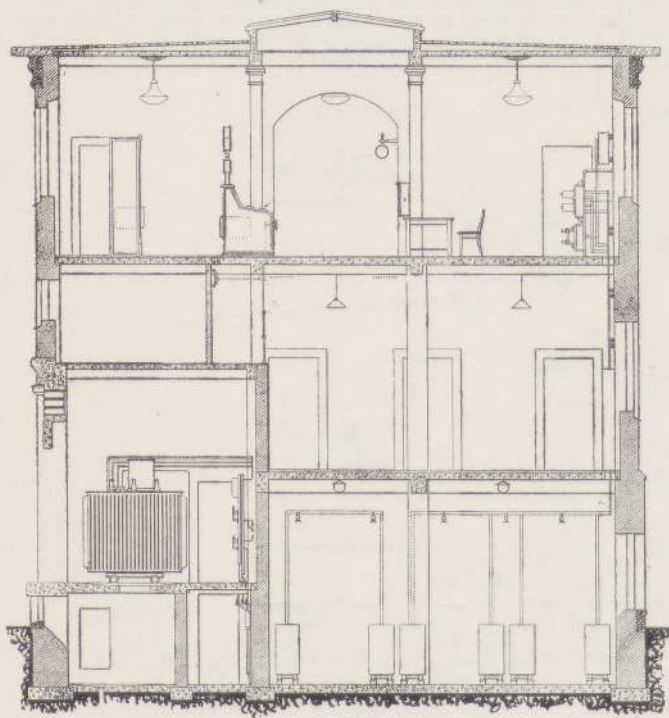


Fig. 5. Snit i Tavlebygningen.

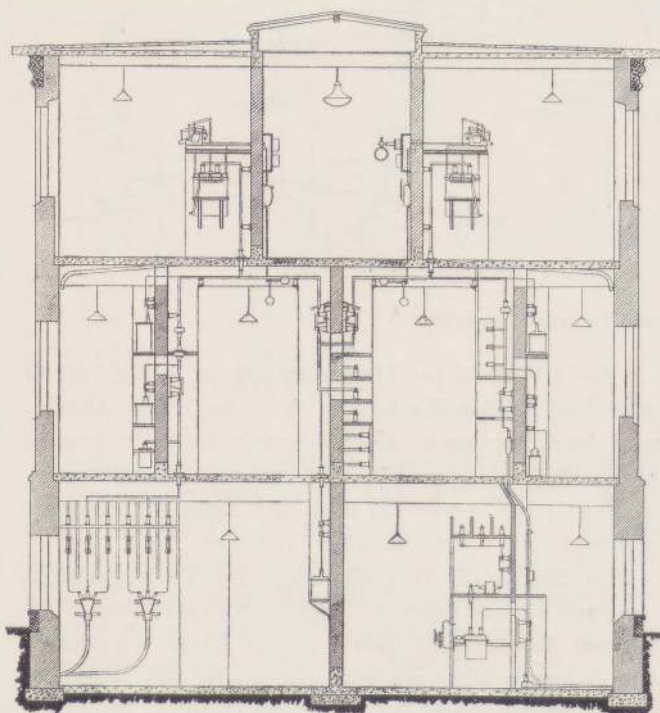


Fig. 6. Snit i Højspændingsanlægget.

Resultatet af disse Fordringer vil fremgaar af Snittegning af Anlægget Fig. 5 og 6 og Situationsplanerne over Kælder og første Sal, Figurerne 7—8, samt Strømskemaet Fig. 9.

De 4 henholdsvis 6 parallelle Kabler fra hver Generator, der er overført underjordisk gennem en med Grus fyldt Kabelkanal i Maskinsalskælderens Gulv og Blokledning under Vejen, udmunder i en Celle for hver Generator i Tavlebygningens Kælder, hvor Kabelmufferne parallelforbinderes med blanke Kobberskinner, hvorefter disse gennem Gennemføringsisolatorer føres op gennem Sidecellerne i Stueetagen, hvor Strømtransformatorer og Spændingstransformatorer er anbragt, og derfra videre gennem Gennemføringsisolatorer til Olieafbryderne paa første Sal, herfra atter gennem Gennemføringsisolatorer tilbage til Stueetagen, hvor Ledningerne deler sig gennem 2 Sæt Ledningsadskillere til Hovedsamleskinnerne eller til Reserve-

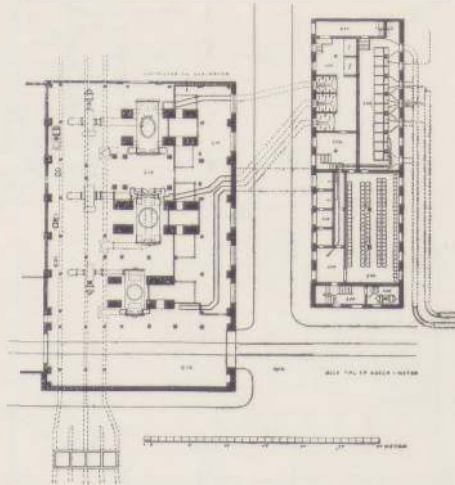


Fig. 7. Underste Etage i Maskinhus og Tavlebygning.

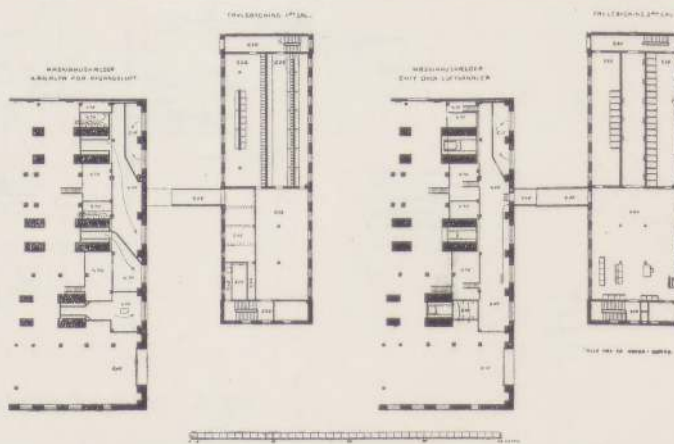


Fig. 8. Mellemste og øverste Etage i Maskinhus og Tavlebygning.

samleskinnerne, der ligger lodret over hinanden i Bygningens Midte, se Fig. 10.

Paa ganske analog Maade i modsat Retning sker Afgangen fra Samleskinnerne for Kabelfelternes Vedkommende, dog er Kabelmufferne anbragt i Sidecellerne i Stueetagen (ikke i Kælderen). Hvert Kabelfelt er beregnet for 2 Stkr.  $3 \times 95 \text{ mm}^2$  Kabel svarende til en højeste Effekt paa ca. 5000 kVA.

Fra et af Felterne paa denne Side er der gennem en Olieafbryder ført Forbindelse til et Sæt Samleskinner i et sekundært Højspændingssystem for Værkets egne Transformatorer, og fra et andet Felt er der ligeledes gennem en Olieafbryder ført Forbindelser til et andet sekundært Højspændingssystem beregnet for afgaaende Kabler til industriel Forsyning og til de ydre Distrikters Forsyningstransformatorer.







Disse to sekundære Højspændingssystemer er leverede henholdsvis af Dansk A/S. Siemens Schuckert og A/S. Lauritz Knudsen, København, medens hele Hovedanlægget er leveret af A/S. Asea. De to sekundære Højspændingssystemer er anbragt i Kælderen, og Samleskinnerne vil ind-

somhelst andre Apparater eller Instrumenter, og der er ved Gulvkonstruktionen sørget for Fald til Gulvafløb under hver Olieafbrydertank, saaledes at eventuel brændende Olie hurtigst muligt bortføres til en underjordisk Cisterne gennem svære støbte 75 mm Rør.



Fig. 10. Samleskinnerne.

byrdes kunne sammenkobles med en Olieafbryder, hvorved Eftersyn og Pasning af Hovedolieafbryderne er mulig uden Afbrydelse af Driften.

Der er overalt i hele Systemet anbragt brandsikre Skillevægge saavel mellem de enkelte Celler som mellem de enkelte Faser, saavidt dette har været muligt.

I de sekundære Systemer er Olieafbryderne af en væsentlig mindre Type (Fig. 12), men ogsaa her er der ved Gulvafløb i hver Celle sørget for hurtig Bortfjernelse af udflydende Olie ved en eventuel Eksplosion.

Hverken Olieafbrydercellerne her eller i Hovedsystemet er forsynet med tætsluttende Jærndække, idet man i

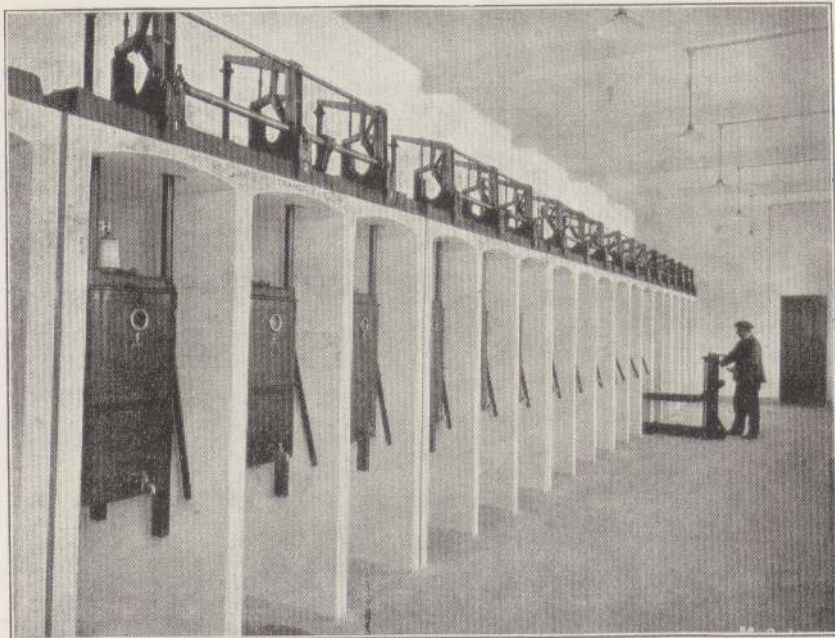


Fig. 11. Olieafbrydere i Hovedsystemet.

Cellerne for Hovedsystemets Olieafbrydere er støbt af Beton, de andre Cellevægge er af Rabitzværk støbt paa Stedet og støttet af Profiljærnskonstruktioner.

Olieafbryderne i Hovedsystemet (Fig. 11) er af meget kraftig Type med tre Olietanke og beregnede til at skulle kunne taale en Kortslutningseffekt paa indtil 75 000 kVA. I Kamrene, hvor Olieafbryderne er opstillet, findes ingen-

Tilfælde af en Eksplosion nærmest maa anse dette for farligt. Derimod er alle Adgangsdøre fra den øvrige Bygning til Højspændingsrummene udført som jærnbetlaede brandsikre Døre. Det rigelige Antal Vinduer i begge Bygningens Sider byder ogsaa en stor Sikkerhed for selve Bygningen i Tilfælde af Eksplosion.

Samtlige Styre- og Signalledninger er udført som



uarmerede uomspundne Blykabler, der samles i Render i Gulvet i Betjeningsgangen mellem de to Rækker af Olieafbrydere, hvorfra de føres frem under Gulvet i Tavlesalen, saaledes at de med Lethed kan føres op til de respektive Tavler eller Pulte i denne Sal. Ledningerne krydser saaledes ikke fremmede Højspændingsfelter.

Relaiserne for de sekundære Systemer er foreløbigt almindelige, afhængige Tidsrelais, som dog senere vil blive udvekslede med Differentialrelais.

Tavlesalen (Fig. 14), der er anbragt i Reguleringsbygningens øverste Etage, er et stort og smukt Rum, der gennem Vinduer i begge Sider og ved Ovenlys er søgt gjort



Fig. 12. Olieafbrydere i det sekundære System.

Relaiserne for Hovedolieafbryderne findes alle anbragt i den omtalte Betjeningsgang (Fig. 13), der danner en direkte Fortsættelse af Tavlesalen. De er konstruerede

saa tiltalende som muligt. Den staar gennem den omtalte Brobygning i Forbindelse med Maskinsalen, hvis Gulv ligger i samme Niveau som Tavlesalens Gulv.

Ved den ene Endevæg ligger Trappen, og ved den modsatte Side fortsættes Salen i den omtalte Betjeningsgang, fra hvilken samtlige Olieafbrydere for Generatorer og Hovedkabler eller Kabelgrupper kan manøvreres med Haanden.

Der findes i denne Gang et ekstra Synkronoskop til Brug ved Parallelkobling med Turbinerne paa Østre Elektricitetsværk.

Den egentlige Kontrol med H. C. Ørsted Værkets Turbiner sker fra Instrumentpulten, hvorpaa samtlige Viserinstrumenter samt Fjernstyrenøgler, Haandhjul til Magnetiseringsmodstand, Maskintelegraf og Signallamper er anbragt.

Der findes ogsaa alle de automatiske Spændingsrelais for Generatorerne, medens Strømrelaiserne til Afmagnetisering af Maskinerne ved Kortslutning findes anbragt af Pladshensyn paa den bag Pulten opstillede Tavle for Hovedkablerne.

Samtlige Relais, Maalere etc. er holdt borte fra Pulten og Hovedtavlerne, idet disse Dele ikke vedrører den direkte, øjeblikkelige Betjening, og ved deres Anbringelse andetsteds (Manøvre gangen) i høj Grad letter Overskueligheden.

Værkets egne Transformatorer samt de fra det sekundære System udgaende Højspændingskabler kontrolleres fra en særlig Tavle ved Endevæggen mod Trappen, ved hvilken Endevæg ligeledes er opstillet Tavler for Batteri, Lademaskine og Bygningsbelysning (se Fig. 15).

Ligeoverfor Pulten er anbragt et Skrivebord for Tavlevagten, hvorfra denne har Udsigt til samtlige Pulte og



Fig. 13. Betjeningsgangen.

af Driftsingeniør R. Johs. Jensen efter det af denne patenterede Differentialsystem, og de er udført paa Belysningsvæsenets egne Værksteder.



Tavler. Ved dette Bord findes Telefonomstilling, dels til 2 Bytelefonlinier, dels til det indre Telefonsystem paa Værket, samt til særlige Linier til hver enkelt af de andre Kraftstationer og til Understationerne.

Dette Telefonsystem er saaledes indrettet, at det fra et hvilket som helst Lokalapparat er muligt at gribe ind i

system (se Fig. 16) der er udtænkt af Driftsbestyrer C. Kjær og som i Modsætning til de andre kendte Systemer med Sparekobling kun behøver een Hjælpegruppe, der skiftevis anbringes i Medkobling og i Modkobling, saaledes at speciel Opladning af Hjælpecellerne aldrig er nødvendig. (Se »Elektroteknikeren« 1912).



Fig. 14. Tavlesalen set mod Betjeningsgangen.

en forhaandenværende Linieindstilling, saaledes at det f. Eks. er Driftslederen muligt at give Ordre til Mester eller Tavlevagt, selv om disse skulde have en Samtale af underordnet Karakter i Gang paa samme Tid.

Celleskiftene af denne Type har iøvrigt været i Brug i adskillige Aar f. Eks. paa Bragesgades Understation paa Nørrebro, og de er yderligere kommen til Anvendelse paa en 5—7000 Ampère Type paa Vestre Elektricitetsværk

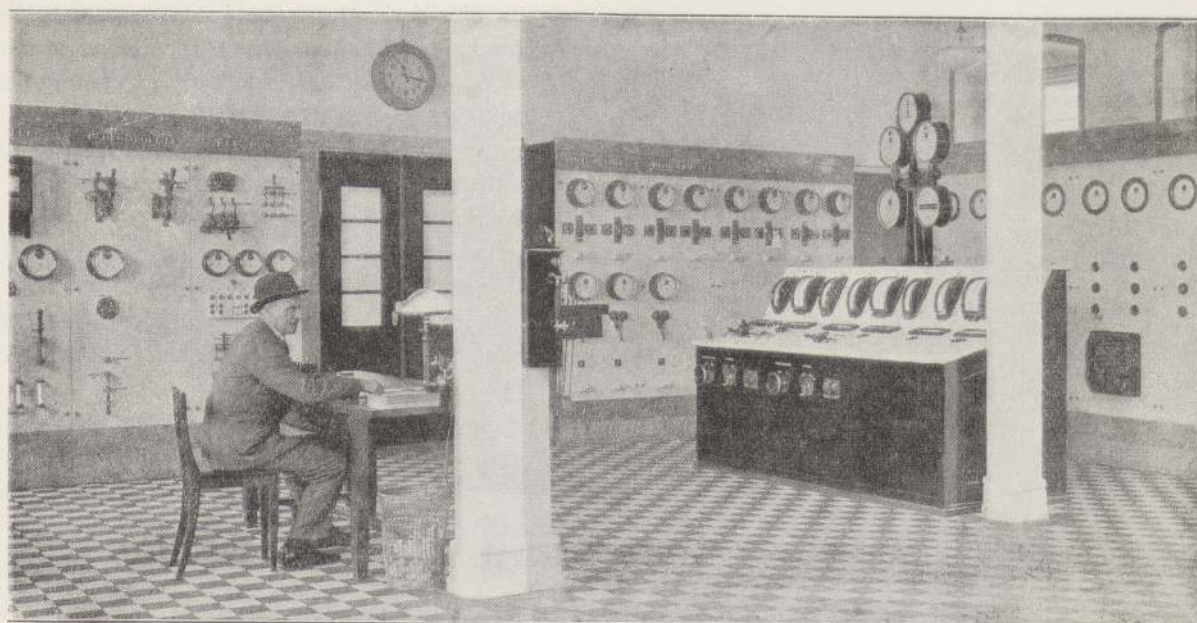


Fig. 15. Tavlesalen set mod Endevæggen.

I Tavlesalen er der Plads til at opstille Pulte og Tavler for en Udvidelse af H. C. Ørsted Værket paa ialt 150 000 kW.

Til al Betjeningsstrøm saavel ved Haandmanøvrering som ved den automatiske Udløsning fra Relaiserne anvendes Jævnstrøm 220 Volt, der faas fra et Akkumulatorbatteri paa 130 Celler med ca. 1300 Amp.-Timer ved 3 Timers Afladning (321 Amp.). Batteriet er forsynet med en dobbelt Celleskifter udført efter et særligt Spare-

der sættes i Drift i Løbet af Aaret 1921. Batteriet kan oplades ved Hjælp af en Asynkronmotor-Dynamo paa ca. 50 kW. Batteriets Størrelse er valgt med Henblik paa, at det skal kunne præstere Reservebelysning i Tilfælde af, at Strømmen til Belysningen, der normalt faas fra en lille 50 kW Transformator, skulde svigte.

Der er med dette for Øje i Tavlesalen anbragt en automatisk Omskifter, der, saasnart Vekselspændingen svigter, springer ud og kobler Batteriet ind.



Batteriets Lademaskine og Hovedfordelingen for Belysningen kontrolleres direkte fra en Tavle i Tavlesalen.

Den nødvendige Elektricitet til Værkets eget Forbrug til Lys og Kraft faas normalt fra den omtalte Lystransformator paa 50 kW, samt fra 2 Krafttransformatorer paa hver 600 kW. Hver af disse Transformatorer har sit eget godt ventilerede og brandsikre Rum, og der er sørget for Plads til yderligere 2 Krafttransformatorer.

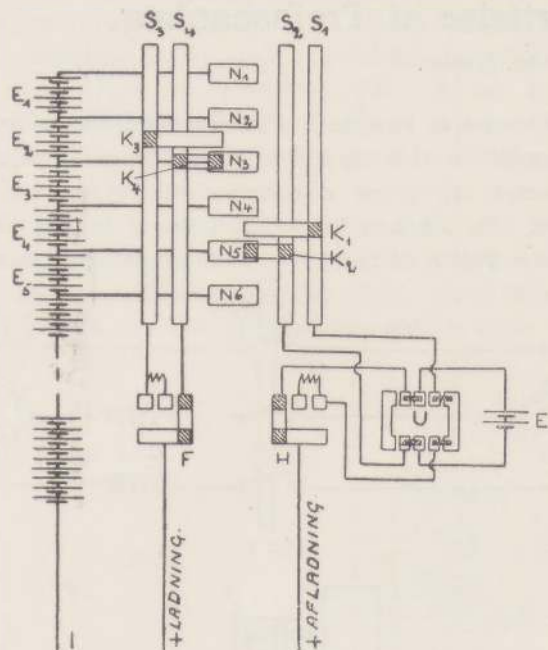


Fig. 16 a.

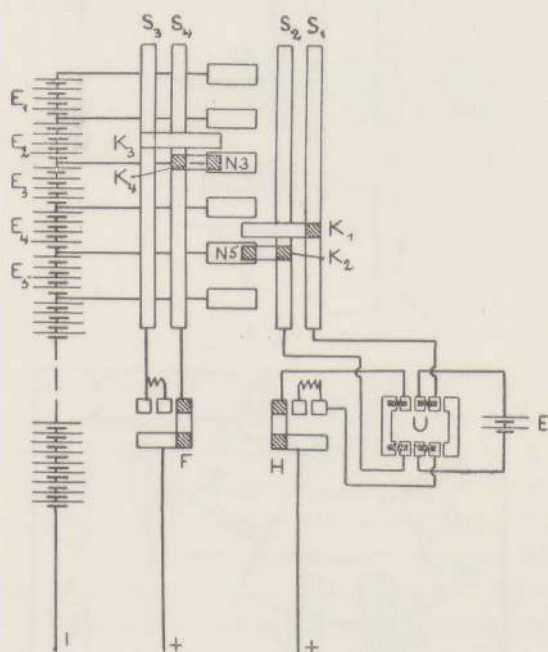


Fig. 16 b.

Sekundærspændingen er 380/220 Volt. Hver Krafttransformator er forsynet med Afbrydere og Sikringer i umiddelbar Nærhed af selve Transformatoren, og hver af dem har sin egen Fødeledning over til Hovedfordelings-

tavlen, der er anbragt saa centralt som muligt paa Maskinsalens Gulv ved Væggen ud mod Kedelhuset. De to Krafttransformatorer kan parallelkobles saavel ovre i Tavlebygningen som paa Hovedfordelingstavlen i Maskinsalen. Paa denne Tavle er endvidere anbragt to smaa Transformatorer 200/30 Volt til Brug for Haandlamper ved Kedelinspektion.

Saafermt saavel Batteriet som Lystransformatoren skulde svigte, kan Belysningen forbindes til Systemet for Kraft.

Hver enkelt af de store Transformatorer skulde være tilstrækkelig til alene at kunne levere Forbruget. Der er saaledes sørget for en overordentlig stor Sikkerhed paa dette Punkt.

Paa den elektriske Side af Anlægget har man tilstræbt at opnaa den højest mulige Grad af Driftssikkerhed, bl. a. derved, at man har forlangt temmelig høje Spændingsprøver for saavel Maskiner som Anlæg.

Generatorerne saavel som Tavleanlægget er prøvet med 20 000 Volt effektiv Spænding med Jord i 10 Min. De enkelte Isolatorer i Tavleanlægget er før Montagen bleven prøvet med 55 000 Volt, idet hver enkelt Isolator i Anlægget er forlangt konstrueret for en normal Spænding paa 13 000 Volt.

Disse Prøver er iøvrigt neppe for høje, naar Hensyn tages til de kraftige Overspændinger, der vil kunne optræde i Tilfælde af, at der skulde opstaa Kortslutningslysruer i Anlægget.

Iøvrigt er der ved særlige Hornlynafledere, der er indkoblet paa Samleskinnerne i Trekant-Stjerneforbindelse, ialt 6 Stkr. for hvert Skinnesæt, sørget for en vis Begrænsning af Overspændingerne. Lynaflederne er bygget efter Ingeniør Johnsens System med to parallelle Flader, som efterhaanden gaar over i Hornene. Det har ved foretagne Prøver vist sig, at disse Horn virker med en overordentlig stor Paalidelighed.

Samtlige Jordkabler fra Kraftværket til de forskellige Understationer o. s. v. er Kabler, der er konstruerede for en effektiv Driftsspænding paa 10 000 Volt, og de er alle efter Nedlægningen prøvede med 15 000 Volt i  $\frac{1}{2}$  Time mellem Faserne indbyrdes og mellem Faserne og Jord.

Lignende strænge Prøveforskrifter har paa Overingeniør Hentzens Foranledning altid været stillede til det Materiale, der anvendes her i Byen, og Konsekvensen har været, at Københavns Elektricitetsværker i Tidens Løb kun har lidt under meget faa Driftsforstyrrelser, hidrørende fra Overslag eller Gennembrændinger.

Det maa haabes, at de paa H. C. Ørsted Værket trufne Foranstaltninger ogsaa i Eftertiden vil vise sig tilstrækkelige til at forhindre alvorlige Driftsforstyrrelser, saaledes at Forbrugerne gennem en rolig og sikker Forsyning med den for alle Byens Borgere uundværlige Elektricitet ikke vil kunne faa Anledning til at beklage sig over denne sidste ny Tilvækst til Københavns Elektricitetssystem.



## Et Differentialsystem til Beskyttelse af Trefaseanlæg.

Af Afdelingsingeniør R. Johs. Jensen.

Ved Projekteringen af det nye Kraftværk i København, H. C. Ørsted Værket, var det oprindeligt Hensigten at beskytte saavel Maskiner og Transformatorer som de fra Kraftværket til de resp. Understationer gaaende Kabler med Relais efter det kendte Merz & Price System.

Imidlertid viste Omkostningerne ved Udførelsen af nævnte Beskyttelsessystem sig uforholdsmæssigt store, hvilket navnlig skyldtes de til Systemet nødvendige Maalettraadskabler parallelt med de Kabler, der skulde beskyttes. Tanken om Anvendelsen af nævnte System blev derfor opgivet.

Da man dog ønskede en Beskyttelse af en noget større Følsomhed og Selektivitet, end det er muligt at opnaa med almindelige Overstrømsrelais, besluttede man sig til Anvendelsen af et af Foredragsholderen konstrueret Differentialsystem, hvis Følsomhed overfor opstaaende Fejl imellem Faserne eller imellem en Fase og Jord er bestydeligt større, end den der kan opnaas ved Anvendelsen af de rene Overstrømsrelais.

Forinden imidlertid dette System beskrives, skal i det følgende gives en kort Beskrivelse over et Par Systemer til Beskyttelse af Trefasemotorer imod Fasebrud og Overbelastning, hvilke Systemers videre Udformning har ført til ovennævnte Differentialbeskyttelsessystem.

Det første Apparat er skematisk vist paa Fig. 1—3, det bestaar af et Ferrarisrelais, hvis Kobberskive (Sektor) er paavirket af to magnetiske Felter 1 og 2, der er fremkaldte ved to af de tre Faserstrømme til den Motor, der ønskes beskyttet. De tre Strømme a, b og c gaar fra Generatoren A igennem en Afbryder C, der igennem en Holdemagnet staar under Indflydelse af Relaiset, til Motoren B og passerer undervejs de to Spoler 3 og 4, der er vikled omkring Magneterne 1 og 2. I Strømkredsen for den nævnte Holdemagnet, der faar sin Strøm fra samme Net som Motoren, er indskudt Kontakten 11—12.

Naar Afbryderen C slutes med Haanden, vil Motoren optage en vis Tomgangsstrøm, der paavirker Relais-skiven til Drejning saaledes, at Kontakten 11—12 slutes, og Holdemagneten holdes sluttet. Ved paafølgende Igangsætning af Motoren vil Kraften paa Relaiset variere med Strømmens Styrke, hvorved Kontakten 11 glider paa 12, indtil Motorens Belastning er blevet saa stor, at 11 glider forbi 12, hvilket sker ved den største Overbelastning, der er tilladt for Motoren. Kontakten 11—12 afbrydes derved, og Afbryderen falder ud; Motoren er herved beskyttet for Overbelastning. Ved Brud af en af Faserne vil Kontakten 11—12 ligeledes brydes, idet Skiven derved at Drejefeltet forsvinder, af Fjederen 9 vil blive trukket tilbage i sin Nulstilling imod Anslaget 10.

Hvis en af Faserne b eller c brydes, vil den ene af de paa Skiven virkende Felter blive 0, hvorved Drejningsmomentet forsvinder; det samme vil ogsaa være Tilfældet, hvis Fasen a brydes, idet da de to paa Skiven virkende Felter vil faa  $180^\circ$  Faseforskydning og kan alt-

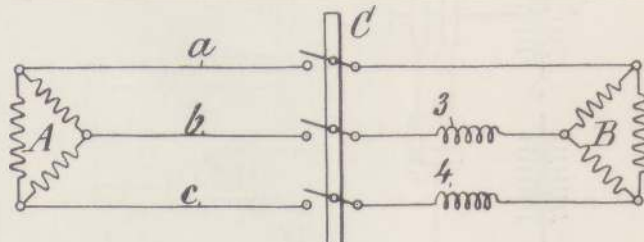


Fig. 1.

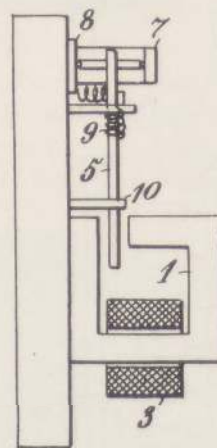


Fig. 2.

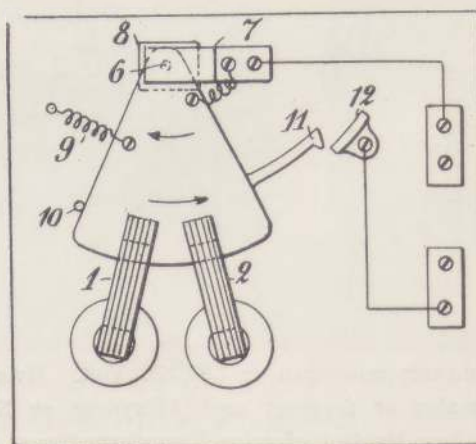


Fig. 3.

saa ikke udøve noget Drejningsmoment. Hvis Nettets Spænding helt skulde udeblive, medens Motoren er i Gang, vil Holdemagneten derved blive strømløs og udløse Afbryderen. Anordningen vil saaledes ses at kunne beskytte Motoren imod Overbelastning, Fasebrud og kortvarig Udeblivelse af Nettets Spænding.



En videre Udformning af det samme System er vist paa Fig. 4. Her er alle tre Netstrømme ført ind i Apparatet og paavirker Ferrarisskiven a igennem Magneterne b, c og d. De tre Felter b, c og d danner tilsammen et Drejefelt og paavirker Skiven med et Drejningsmoment D. Endvidere er der omkring Halvdelen af hver af Magneterne anbragt Kortslutningsvindinger e, hvorved hver Magnet for sig desuden paavirker Skiven med et Felt d ( $d_1$ ,  $d_2$  og  $d_3$ ). Forholdene er nu saaledes valgte, at de tre Enfasefelter  $d_1$ ,  $d_2$  og  $d_3$  modvirker Drejefeltet D, men D er større end  $d_1 + d_2 + d_3$ . Ved voksende Belastning af Motoren vil Armen n derfor af Momentet  $D \div (d_1 + d_2 + d_3)$  bevæge sig i Retning af den i Holdemagnetens Strømkreds indskudte Kontakt fg og vil, naar Overbelastningen af Motoren har naaet den fastsatte Værdi, aabne denne Kontakt, hvorved Motorens Afbryder falder ud. Hvis der sker Brud af en Fase, vil den ene af Spolerne f. Eks. b blive strømløs, og Strømmen i de to andre Spo-

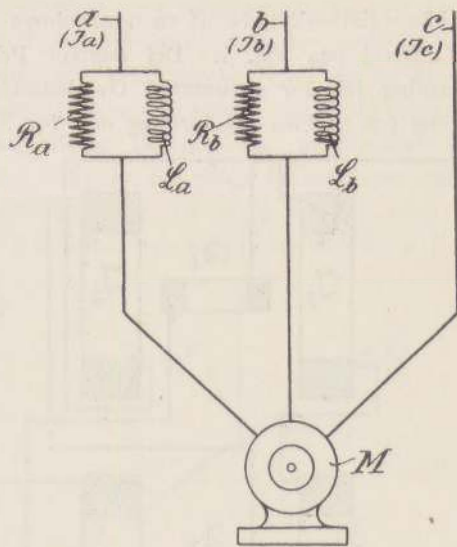


Fig. 5.

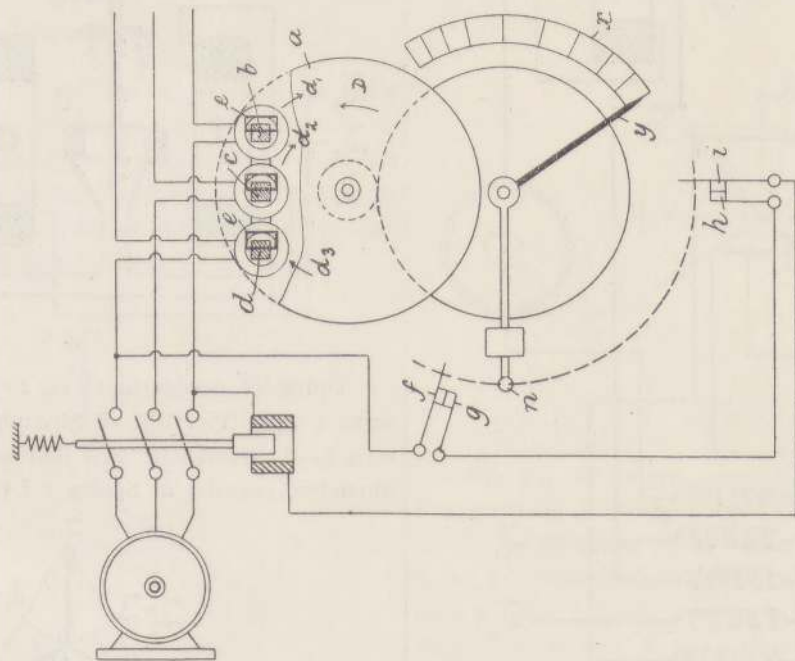


Fig. 4.

ler kommer i Modfase. Som Følge heraf vil Drejefeltet og Drejningsmomentet D forsvinde; ligeledes forsvinder Drejningsmomentet  $d_1$ . Tilbage bliver Momentet  $d_2 + d_3$ , der søger at dreje Armen n hen til Udløsning af Kontakten hi, der ligesom fg er anbragt i Holdemagnetens Strømkreds. Apparatet fungerer saaledes med en større Sikkerhed for Fasebrud end det ovenfor beskrevne. I Forbindelse med Armen n er anbragt en Viser y, der peger paa en Skala x, saaledes at Apparatet tillige fungerer som Amperemeter.

Et noget andet Princip er skematisk angivet paa Fig. 5 og 6. De to af Strømmene til Motoren er som vist paa Fig. 5 ført igennem parallelforbundne Modstande og Induktionsspoler.

I det virksomme Relais, der er af elektromagnetisk Art men ikke nærmere skal beskrives, er anvendt Induktionsspolestømmen  $I_a'$  faseforskudt  $\Phi_a^0$  bag efter  $I_a$ , samt Modstandstrømmen  $I_b' \Phi_b^0$  foran  $I_b$ .

Forholdene er nu saaledes afpassede, at  $\Phi_a + \Phi_b = 90^\circ$ . Den i Relaiset virkende Kraft er  $I_a' \cdot I_b' \cdot \cos 30^\circ$  eller ved symmetrisk Belastning proportional med Fasestrømmens

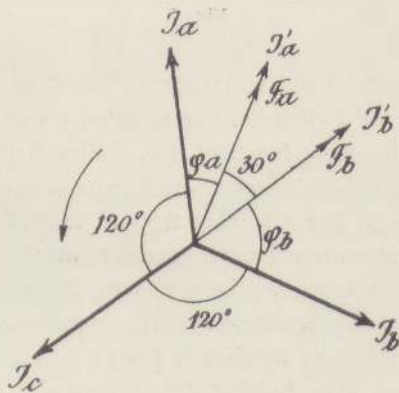


Fig. 6.

Kvadrat. Relaiset kan altsaa udløse ved en eller anden forud bestemt Overbelastning. Endvidere vil det kunne fungere for Fasebrud, idet Kraften i Relaiset i saa Fald forsvinder, enten ved at en af Relaisstrømmene forsvinder (Faserne a eller b afbrydes) eller derved at  $I_a'$  og  $I_b'$  kommer til at staa vinkelret paa hinanden (hvis Fase c brydes), idet Strømmen da i det elektromagnetiske Relais ikke kan udøve nogen Kraftvirkning.



En Differentialbeskyttelse af en noget større Almindelighed er angivet paa Fig. 7. Det angivne Princip tillader Udløsning dels for symmetrisk Overbelastning, dels for Overgang fra en Fase til Jord og dels for Fejl imel-

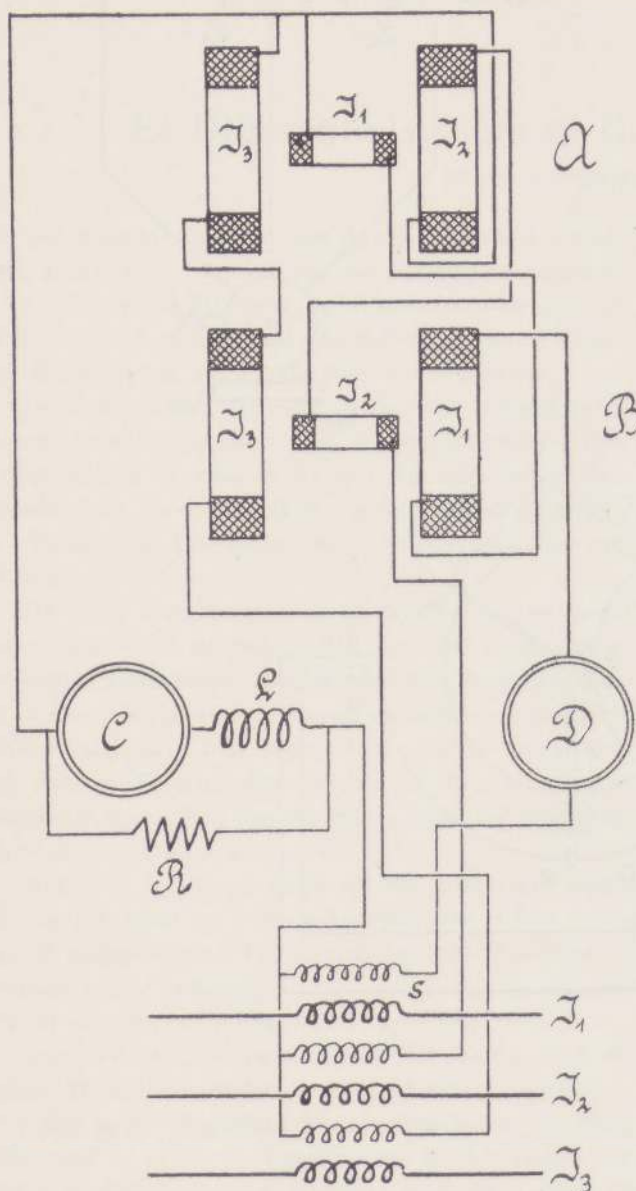


Fig. 7.

lem Faserne, idet det er muligt at faa Udløsning af Relaiserne for en Fejlstrøm, der er mindre end den Strøm, Maksimalrelaiset er indstillet for. Udløsningen for symmetrisk Overbelastning sker ved Hjælp af et enkelt Overstrømsrelais D. For Afledning til Jord fungerer paa kendt Maade et i Strømtransformatorernes Neutralleder indskudt Relais. Bemærkelsesværdigt for dette Relais er dets Udførelse med stor Reaktans L, idet man derved, da der desuden parallelt til Relaiset er forbundet en ohmsk Modstand R, kan gøre Relaiset følsomt overfor Strømme af Grundbølgens Frekvens, medens højere harmoniske finder en lettere Vej igennem Modstanden R. Man opnaar altsaa Udløsning for en forholdsvis ringe Afledning til Jord, selv om Nettet normalt er belastet med 3die, 9de osv. harmoniske Strømme af kendelig Størrelse.

Udløsning for Fejl imellem Faserne sker ved Hjælp af de to Relais A og B, der hver bestaar af to faste Spoler og een bevægelig Spole, der som vist paa Fig. 7 gennemløbes af de tre Fasestømme,

Relaiserne er udført som skematisk antydnet paa Fig. 8. Igennem de faste Spoler a og b er ført Strømmene  $I_3$  og  $I_2$ , medens Strømmen  $I_1$  gaar igennem den bevægelige Spole c, der ved Armen d holdes i Ligevægt af Fjedrene e og f. I Ligevægtsstillingen staar Kontakten g midt imellem Kontakterne h og i. Spolerne a og b er vikled modsat, saaledes at det af dem frembragte Felt ligger i Fase med Differensen  $(I_2 - I_3)$  af de to Strømme som vist i Diagrammet Fig. 9. Ved symmetrisk Belastning af Systemet vil denne Difference være  $90^\circ$  faseforskudt fra den tredje Strøm  $I_1$ , saaledes at man i Apparatet Fig 8 faar en Strøm og et Felt vinkelret paa hinanden; Spolen c vil derfor forblive upaavirket uafhængig af Belastningens Størrelse.

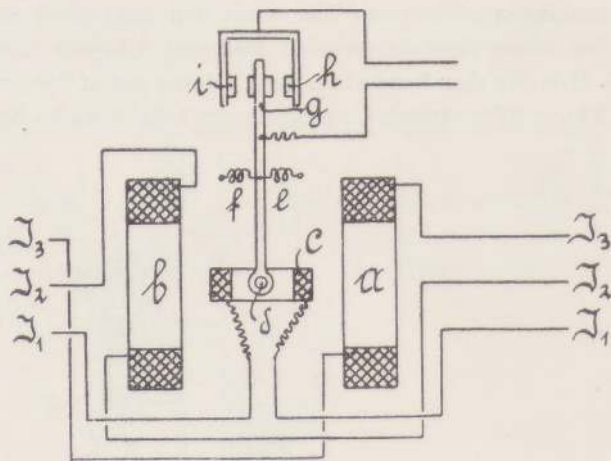


Fig. 8.

Optraeder der derimod en Fejl f. Eks. imellem Faserne 1 og 2 (Fig. 10), vil Strømmen  $I_1$  og det af Strømmen  $I_2 - I_3$  fremkaldte Felt ikke mere staa vinkelret paa hinanden, saaledes at Spolen c i Fig. 8 nu vil blive paa-

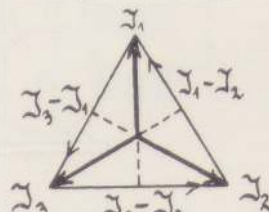


Fig. 9.

virket af en vis Kraft, der vil dreje den, og derved sluttes en af de ovenfor nævnte Kontakter gi eller gh, hvorved en eventuel Afbryderudløsning vil kunne ske. Det

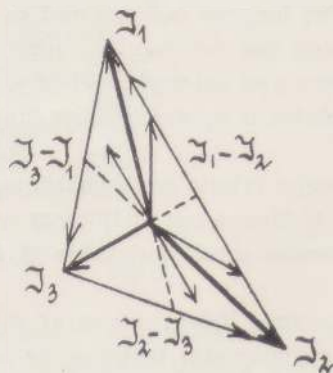


Fig. 10.

samme vilde ske, hvis Fejlen optraadte imellem Faserne 1 og 3. Hvis derimod Fejlen optraeder imellem Faserne 2 og 3, vil den ingen Indflydelse faa paa Differensen



imellem de to Fasers Strømme, det er derfor nødvendigt for at faa Udløsning i alle Tilfælde at anvende to af de beskrevne Relais med forskellig Anordning af Strømmene, saaledes som det paa Fig. 7 er vist for Relaiserne A og B. For en Fejl: Fase 1—2 vil begge Relais fungere, for en Fejl: Fase 2—3 vil Relais B og for Fejl: Fase 3—1 vil Relais A fungere.

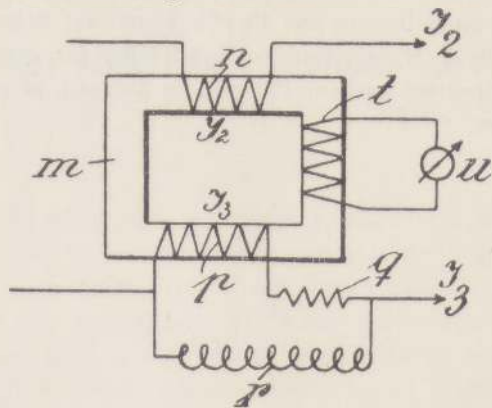


Fig. 11.

Imidlertid har dette System en meget væsentlig Ulempe, idet nemlig den Kraft, der paavirker Relaiset til Udløsning, er afhængig baade af Fejlens Størrelse og af den forhaandenværende Belastning. Jo større Belastningen er, desto mere følsomt bliver Systemet, desto mindre en Fejl er nødvendig for at bringe Relaiserne til Udløsning.

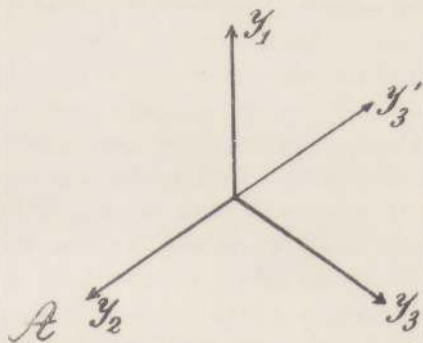


Fig. 12.

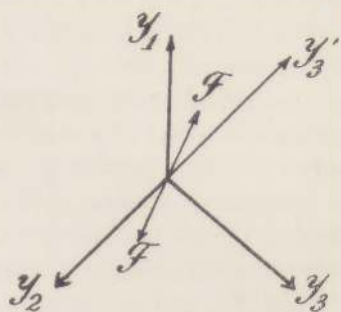


Fig. 13.

Denne Fejl er imidlertid undgaaet ved den paa Fig. 11—15 viste Udførelsesform af Differentialrelaiset. Dette er her udført saaledes, at Udløsningen kun er betinget af selve Fejlstrømmens Størrelse og er ganske uafhængig af den iøvrigt paa Systemet værende symmetriske Belastning.

Paa Fig. 11 er skematisk vist en Transformator m med tre Beviklinger n, t og p.

Igennem n er ført den ene af Fasestømmene  $I_2$ , igennem p er ført en Strøm, der ved den paa Fig. viste Kombination af en Modstand q og en Induktionsspole

r, er proportional med Fasestømmen  $I_3$  og faseforskudt  $60^\circ$  foran  $I_3$ . Denne Strøm kommer saaledes, som vist i Diagrammet Fig. 12, i direkte Modfase til Strømmen  $I_2$  saaledes, at de to Spoler n og p ved rigtig Dimensionering af Vindingstallene fuldstændigt neutraliserer hinandens magnetiske Virkning, saa længe Belastningen paa Systemet er symmetrisk. Dette vil derimod ikke være Tilfældet, saa snart der optræder en Fejl imellem to af Faserne.

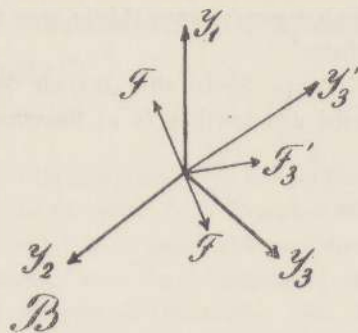


Fig. 14.

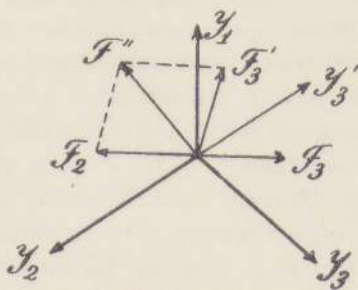


Fig. 15.

Paa Fig. 13 er vist Diagrammet for en Fejl imellem Faserne 1 og 2. Virksomme i Transformatoren m bliver nu de tre Strømme  $I_2$ ,  $I_3'$  og F (i Fase 2). Strømmen  $I_2$  og  $I_3'$  neutraliserer hinanden. Tilbage bliver Strømmen F, som i Transformatoren frembringer et Felt, der inducerer en med F proportional Strøm i Viklingen t, hvorved Relaiset u kan bringes til Udløsning.

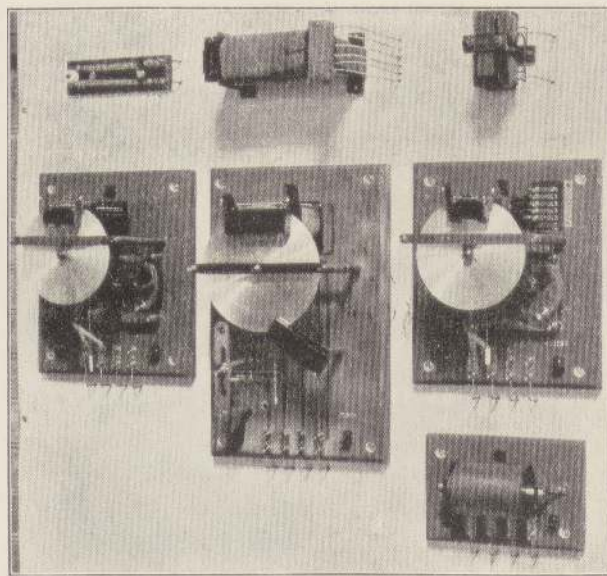


Fig. 16.

Hvis Fejlen optræder imellem Faserne 1 og 3 som vist i Fig. 14, bliver de i Transformatoren virksomme



Strømme  $I_2$ ,  $I_3'$  og  $F_3'$  (frembragt af  $F_3$  paa samme Maade som  $I_3'$  er frembragt af  $I_3$ ). Virkningen i Transformatoren bliver den samme som før.

Hvis endelig Fejlen optræder imellem Faserne 2 og 3 (Fig. 15), vil man i Transformatoren faa Strømmene  $I_2$ ,  $I_3'$ ,  $F_2$  og  $F_3'$ ;  $I_2$  og  $I_3'$  neutraliserer hinanden,  $F_2$  og  $F_3'$  vil, da de er lige store og faseforskudte  $120^\circ$ , sammensætte sig til en med dem lige stor Resultant  $F''$ , der vil virke paa Spolen t paa samme Maade som i de to først beskrevne Tilfælde.

Man vil i denne Spole altid faa en Strøm, der er proportional med den imellem to af Faserne optrædende

Fejlstrøm aldeles uafhængigt af den paa Nettet iøvrigt værende symmetriske Belastning.

Paa Fig. 16 er vist Relaisystemet i den Form, hvori de anvendes ved de københavnske Elektricitetsværker. Indstillingen af Nullederrelaiset er foretaget saaledes, at man faar Udløsning for en Fejl til Jord paa ca. 10 pCt. af den normale Belastningsstrøm. Differentialrelaiset udløser for en Fejlstrøm paa 40 pCt. af normal Belastning, og endelig er Maksimalrelaiset indstilleligt for symmetriske Belastninger imellem 100 pCt. og 200 pCt. af normal Belastning.



## Den elektriske lysbues anvendelse i salpeterindustrien, specielt den norske salpeterindustri.

Af Direktør, Dipl. Ing. H. Bonnevie.

Forbrændingen av luftens kvælstof i luftens surstof ved hjælp av elektrisk energi med kvælstofoxyd — NO — som forbrændingsprodukt blev første gang demonstrert i aaret 1785 av den engelske fysiker *Cavendish*. *Cavendish* paaviste at man ved gnister fra en elektricermaskine kan brænde kvælstof i luft til kvælstofoxyd i likhet med at kul brændes til kulstofoxyd. — Kvælstofforbrændingen er dog en endotermisk process, idet man tilfører varme gennem elektriciteten, mens kulforbrændingen er exotermisk og avgir varme. — Kvælstofforbrændingen kræver desuten at foretas under en meget høi temperatur — jo høiere temperatur desto fuldstændigere forbrænding, og opnaar man den nødvendige forbrændingsvarme i den elektriske lysbue, hvis temperatur naar op i over 3000° C.

De elektriske lysbuer man benytter til kvælstofforbrændingen dannes ved utblæsning av elektriske gnister, enten ved hjælp av en luftstrøm eller ved hjælp av en elektromagnet, hvis opdagelse skyldes den berømte danske fysiker *Ørsted*, hvis 100-aarsminde i disse dage feires.

Efterat *Cavendish* i 1785 kvalitativt hadde paavist at kvælstof i en elektrisk gnist forbrænder til kvælstofoxyd, hengik der mere end 100 aar, indtil *Sir William Crookes* i 1892 og *Lord Rayleigh* i 1897 gjenoptok forsøkene og paaviste, saavel kvalitativt som kvantitativt, at luftens frie kvælstof ved elektricitetens hjælp lar sig overføre til kemisk bundet kvælstof med fremstilling av salpetersyre som enderesultat. — *Lord Rayleigh* kunde i sit foredrag meddele, at 1 kilowatt ga et utbytte av 650 kg. Chilisalpeter eller 480 kgr.  $\text{HNO}_3$  pr. aar av 8760 timer.

Dette resultat blev straks grepet av en række videnskapsmænd og ingeniører i saavel Europa som i Amerika, og blev der i aarene 1900 til 1904 utført et omfattende og intenst arbeide for at forbedre de allerede opnaadde laboratorieresultater og overføre disse i industriens tjeneste.

Samtidig med at metoderne for kvælstofforbrændingen i de første aar efter aarhundredeskiftet gik frem med kjæmpeskridt, foregik der ogsaa paa det elektrokemiske omraade i sin almindelighet en ikke mindre storslagen utvikling; en utvikling der blev av en helt afgjørende betydning for kvælstofindustriens praktiske start. — Denne utviklingsperiode, som elektrotekniken gjennomgik, førte i løpet av faa aar til bygningen av de store elektriske generatorer, de store elektriske transformatorer, driftssikre koblings- og kontrolapparater for store energimængder, uten hvilke kvælstofindustien ikke vilde kunnet utvikle sig til den storindustri, den idag er blit.

Den luft der skal behandles i den elektriske lysbue, presses eller suges ved hjælp av kompressorer eller ven-

tilatorer ind i lysbuezonen, hvor temperaturen varierer fra ca. 1000° C. til ca. 3000° C. I flammezonen dannes 1 à 2 pct. kvælstofoxyd, som man tillikemed den resterende — ikke forbrændte, men kun opvarmede luft — hurtigst mulig fører ut igjen av flammen. Den dannede forbindelse NO er nemlig ingen stabil kemisk forbindelse, men spaltes igjen under avkjølingen. Mens temperaturen endnu er høi, gaar spaltningen hurtig for sig, men fra ca. 1200° C. og nedover foregaar spaltningen saa langsomt at den ingen praktisk betydning lenger har. Det gjælder derfor ved alle lysbueметoder at man momentant kan bringe kvælstofoxydet ned til en temperatur som ligger under denne grænse. Dette opnaar man ved at tilføre flammen et i forhold til dens elektriske energimængde og ovnsens avkjølingsforholde passende overskud av luft. Det videre temperaturfald fra 1200° C. ned til ca. 200 à 150° C. nyttiggjøres i praksis til utvinding av damp idet gasen av hensyn til den efterfølgende absorbtion i almindelighet vil maatte avkjøles endog betydelig under nævnte temperatur.

Av de mange lysbueметoder og ovnssystemer, der i begynnelsen av dette aarhundrede blev utexperimenteret, har kun følgende vist sig at være levedygtige, saa de senere er gaat over til industriel utnyttelse:

- 1) *Birkeland-Eyde's* metode, der utnyttes av Norsk Hydro-Elektrisk Kvælstofaktieselskab ved dettes bedrifter i Norge og i Frankrike med tilsammen ca. 250 000 HK.
- 2) *Dr. Schönherr's* metode, der utnyttes av Norsk Hydro-Elektrisk Kvælstofaktieselskab ved dettes bedrifter i Norge med ca. 100 000 HK.
- 3) *Pauling's* metode, der utnyttes i Italien og i Østerike med ca. 25 000 HK.
- 4) *Moscicki's* metode, der utnyttes i Schweiz med ca. 15 000 HK. og
- 5) *Wielgolaski's* metode, der utnyttes i Amerika med mellem 5 000 og 10 000 HK. — Om det imidlertid her handler sig om utnyttelsen av en egen metode eller om der kun benyttes en av Norsk Hydro-Elektrisk Kvælstofaktieselskabs metoder i mere eller mindre modificeret form er endnu ikke bragt paa det rene.

Forsøkene med *Birkeland-Eyde's* og *Dr. Schönherr's* systemer der som ovenfor nævnt begge utnyttes ved Norsk Hydro-Elektrisk Kvælstofaktieselskabs anlæg, begyndte omtrent samtidig. De før-



ste i Kristiania vaaren 1903 og de sidste i Ludwigshafen a/Rhein noget senere.

Den principielle forskjel mellem de to systemer ligger i, at *Birkeland-Eyde* benytter elektromagnetisk utblæsning av lysbuen, hvorved denne sprer sig ut cirkelformig til begge sider av elektroderne og faar utseende av en flammeskive, mens ved Dr. *Schönherr's* metode lysbuen blæses ut ved hjælp av en komprimert luftstrøm, hvorved der frembringes en skrueformig langstrakt lysbue, der for det menneskelige øie har utseende av en lyssoile.

Flammen dannes i en *Birkeland-Eyde*-ovn (Fig. 1) ved at man med en elektromagnet, hvis akse er anbragt lodret paa elektrodeparrets akse og lodret paa flammerumets plan, blæser ut den elektriske gnist, der er tilveiebragt ved overslag mellem elektroderne.

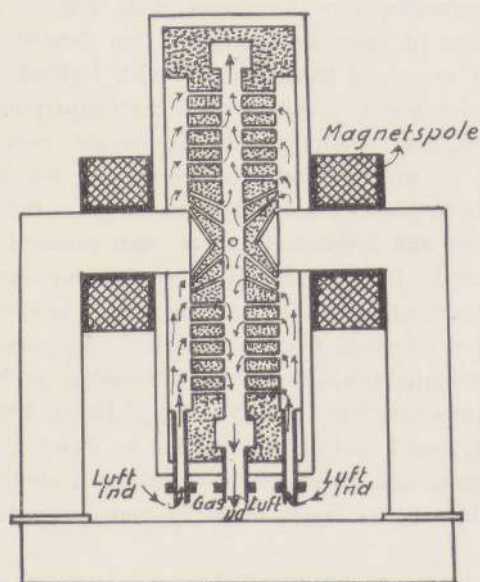


Fig. 1. Skematisk fremstilling av en Birkeland-Eyde-ovn.

Elektrodernes spidser møtes i en indbyrdes afstand av kun et par millimeter i ovnens centrum, der hvor det magnetiske kraftfelt har sin maximale tæthed. Efter det dynamoelektriske princip, hvorefter en bevægelig elektrisk strømleder + et magnetfelt frembringer en bevægelse, vil gnisten der repræsenterer den bevægelige strømleder bevæge sig utover fra elektrodespidserne lodret paa de magnetiske kraftlinjer med den bestræbelse, at omslutte det størst mulige antal av disse. Spændingsdifferencen mellem elektroderne i det øieblik den elektriske gnist forbindele elektrodespidserne er omtrent lik 0, idet spændingen i den kun faa millimeter lange gnist har sit minimum. Den stiger imidlertid efterhvert som lysbuen vandrer utover elektroderne, og dens elektriske motstand tiltar med længden, indtil den naar sit maximum og brytes, mens en ny gnist springer over mellem elektrodespidserne, hvorpaa samme spil gjentar sig.

Benytter man et likerettet magnetfelt og en vekselstrømsgnist vil lysbuen avvekslende slaa ut til den ene og den anden side av elektroderne med normalt et utslag pr. polveksel. Øker man magnetfeltets styrke i forhold til lysbuens strømstyrke og spændingsforholde, kan man faa dannet flere lysbuer i hver polveksel. I praksis ønsker man dog kun en stor lysbue pr. polveksel, hvilket gir den største flammeskive samt byr tillike andre tek-

nisk-praktiske fordele fremfor flere, mindre lysbuer pr. polveksel.

Ved at benytte 50 perioders vekselstrøm faar man saaledes pr. sekund normalt dannet 50 lysbuer til den ene og 50 lysbuer til den anden side eller 6000 lysbuer pr. minut. Disse enkelte lysbuer kan øiet paa grund av deres hurtige bevægelse ikke opfatte hver for sig, hvorfor de for øiet tar utseende av en lysende flammeskive (Fig. 2)

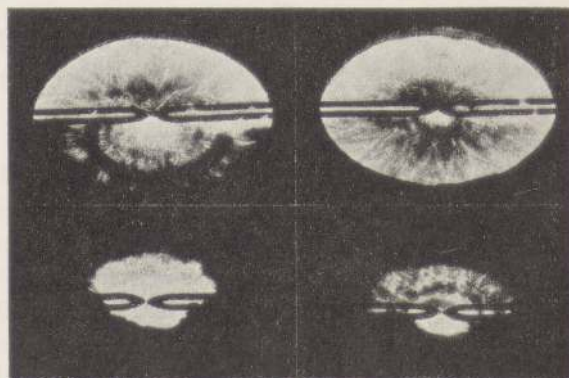


Fig. 2. Flammeskiver i en Birkeland-Eyde-ovn.

Benytter man sig imidlertid av et likerettet magnetfelt og en likestrømsgnist vil man faa dannet lysbuerne kun til den ene side av elektroderne, og flammen vil for øiet gi billedet av en halvcirkelformet skive. Det samme er tilfældet hvis man benytter vekselstrømmagnetisering og vekselstrømsgnist med strøm og spænding av samme periodetal og fase.

Lysbuens strømstyrke reguleres ved hjælp av en induktionsspole, og fremgaar princippet for en ovnskobling av Fig. 3, hvor G er den elektriske generator, I induktionspolen og E ovnen med dens elektroder.

Skematisk fremstilling af Vekselstrømsflamme ved Ligeaktens magnetisering.

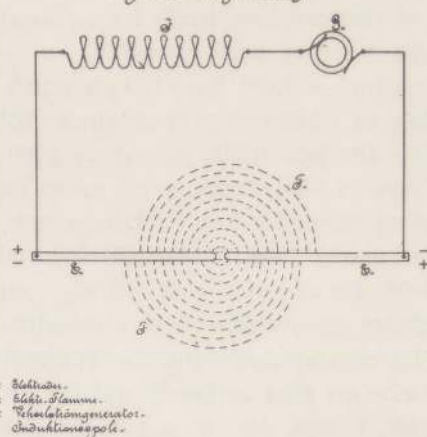


Fig. 3. Koblingsskema for en Birkeland-Eyde-ovn.

Den spænding der benyttes paa ovn + induktionsspole ved *Birkeland-Eyde's* ovne er 4 500 à 5 000 volt, og man faar ved denne spænding og en energimængde paa 3 800 à 4 000 kW. en flammeskive paa ca. 2 meters diameter.

For *Birkeland-Eyde's* system kan man tilnærmet opstille det i Fig 4 viste diagram for spændingsforholdene under drift, idet man tænker sig kurverne som sinusformige.



Lysbuen sees at gi en effektfaktor i likhet med en kondensator og motsat den faseforskyvning induktions-spolen gir. Den medvirker saaledes til en bedring av hele systemets effektfaktor. Ved *Birkeland-Eyde's* system kan man derfor opnaa en for elektriske lysbueovne særlig gunstig effektfaktor, idet denne i praksis ligger mellem 0,7 og 0,8.

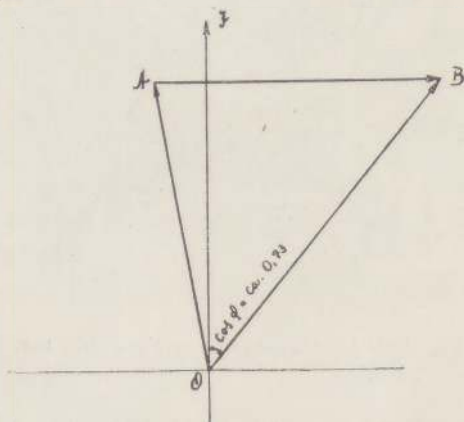


Fig. 4. Spændingsdiagram for en Birkeland-Eyde flamme.

OA: Flammespænding.  
OB: Fasespænding.  
AB: Induktionsspølespænding.



Fig. 5. Oscillogram for strøm og spænding i en Birkeland-Eyde ovn.

1. Strømkurve.  
2. Spændingskurve.

Ovnens spændings- og strømkurve sees av det i Fig. 5 viste oscillogram. Strømkurven sees at være næsten sinusformig. Spændingskurven viser en spændingsspid i det øieeblik den ene lysbue brytes og den næste starter, likesom spændingens momentanverdi sees at stige eftersom lysbuen vandrer fra elektrodespidserne ut over elektroderne.

Den elektriske ovn av *Birkeland-Eyde's* system bestaar i sine hoveddele av et par kraftige elektromagneter, en ildfast utmuret staalring, indeholdende flammerum, luftfordelingsrum, gasuttak og elektrodeføringer (Fig. 1).

Magneterne er utført av bedste sort blødt magnetstaal, og er forsynet med polsko ind mot ovnens centrum, hvilke er konstruert saaledes, at magnetfeltet gis en for flammedannelsen særlig gunstig form. Den staalring, der danner ovnens største og centrale del, indeholder ovnens ildfast utmurede flammerum, og radielt ind fra begge sider mot dettes centrum stikker elektroderne, der bestaar av vandkjølede kobberør, fæstet utenfor ovnsringen til de elektrisk isolerte elektrodeføringer. Ved hjælp av disse kan man under drift bevæge elektrodespidserne inde i ovnen saavel op som ned, til begge sider, samt skyve dem sammen eller trække dem fra hinanden, idet man kan kontrollere bevægelsen gjennom 2 i ovnsringen anbragte kontrolvinduer.

Gjennem flammerummets idlfaste sidemure sker lufttilførselen til flammen, idet murene paa begge sider er forsynet med en række huller, fordelt over murflaten.

Omkring flammepærfieren ligger gasavløpskanalen,

hvor til gasen strømmer radielt ut fra flammerummet, og fra gasavløpskanalen ledes den gjennom et eller flere samlerør ut av ovnen og over i det rørsystem, der transporterer den videre til de apparater, hvor den avkjøles — dampkjeler og kjøleanlæg — og bearbejdes til salpetersyre — absorbtionssystemet.

Det første forsøk med en elektrisk lysbueovn av *Birkeland-Eyde's* princip blev gjort i juni 1903.

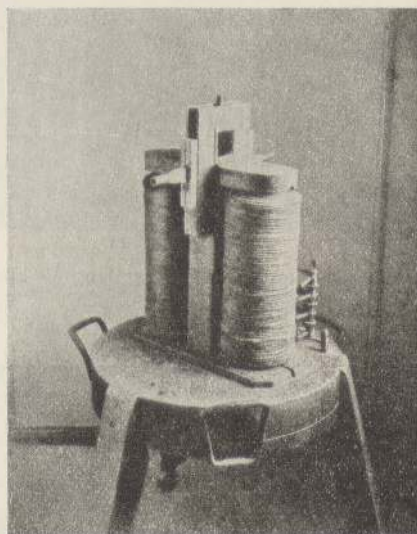


Fig. 6. Den første forsøksovn for 5 kilowatt, aar 1903.

Den første ovn (Fig. 6) var bygget av kobberplater, indvendig isoleret med naturglimmer og asbestplater. Størrelsen var ca. 20 × 30 cm og bredden kun nogen faa centimeter. Dens magnetsystem bestod av en hestekomagnet av ca. 10 cm. godsdiameter, og elektroderne var utført av 2 flathamrede kobberør, der tillike dannet ovnens lufttilførsel. Den fremstillede gas blev tat ut gjennom et rør øverst og et nederst i ovnen. Ovnens optok en energimængde paa 3 à 5 kW.

Allerede et par maaneder senere — i august samme aar — var den næste ovnskonstruktion for en energimængde paa 30 kW færdig til prøve (Fig. 7).

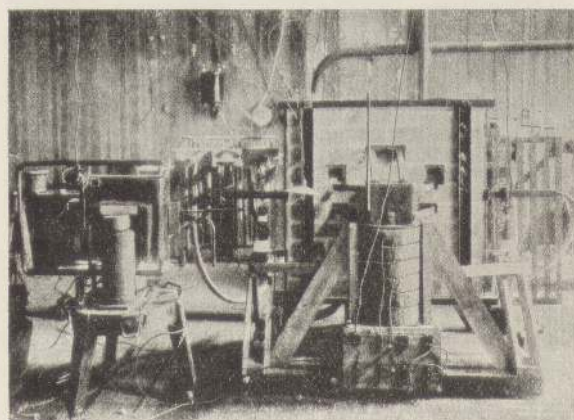


Fig. 7. Forsøksovne for 5 kilowatt og 30 kilowatt, aar 1903.

I løpet av høsten og vinteren 1903/04 utførtes 3 nye og større ovnskonstruktioner, hvorved energimængden økedes til 60, 80 og 100 kW. (Fig. 8).



Sommeren og høsten 1904 gik man videre, og den første ovn for virkelig industrielt bruk blev sat i drift høsten 1904 med en energimængde av 300 kW. (Fig. 9).

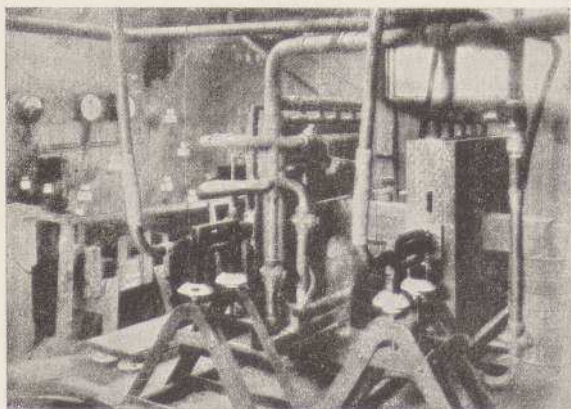


Fig. 8. Forsøksovne for 60 kilowatt og 80 kilowatt, aar 1903 og 1904.

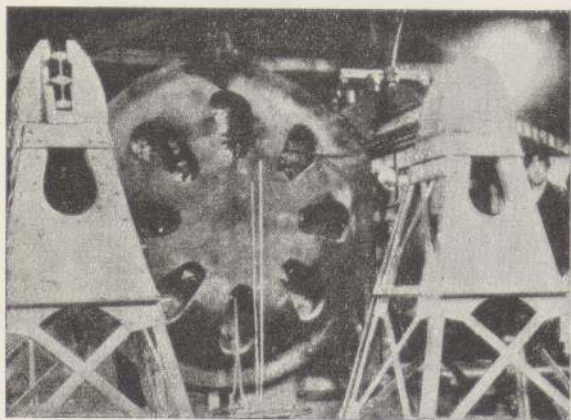


Fig. 9. 300 kilowatt-ovn, aar 1904.

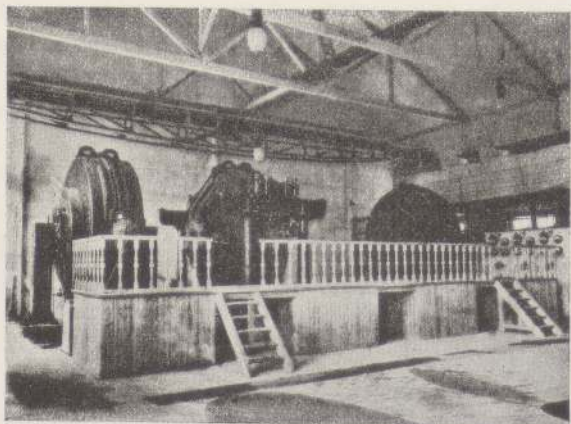


Fig. 10. 500 kilowatt-ovne paa Notodden, aar 1905.

Paa grundlag av erfaringerne med denne 300 kW. ovn konstrueres og igangsattes vinteren og vaaren 1905 3 større ovne hver paa 500 kW. (Fig. 10). Samtidig hermed blev ogsaa den første salpeterfabrik paa Notodden i Norge igangsat for utnyttelsen av disse ovnes produktion i forbindelse med kemiske og elektriske forsøg i større skala.

I 1906/07 økedes ovnsenergien videre til 800 à 1000 kW. pr. ovn (Fig. 11) og med ovne av denne størrelse igangsattes høsten 1907 det første fabrikanlæg paa Notodden med kraft fra den netop byggede 40 000 hk.'s kraftstation ved Svælgfos, — nogen kilometer utenfor Notodden.

Der indtraadte nu en stans i arbeidet for den videre økning av ovnsenheternes størrelse og tiden benyttedes til detaljforbedringer av den allerede opnaadde 800 à 1000

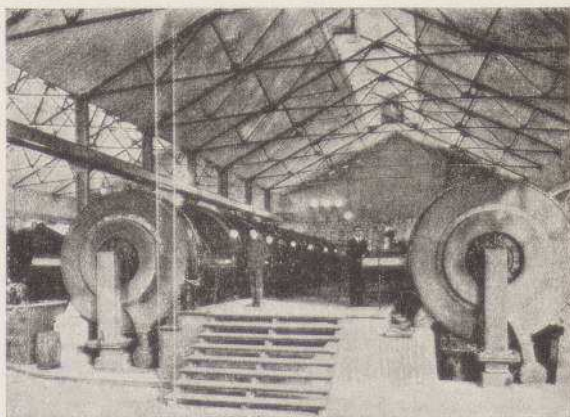


Fig. 11. 1000 kilowatt-ovne paa Notodden, aar 1907.

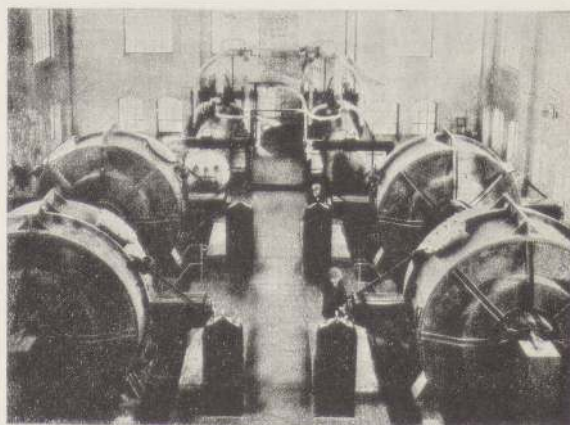


Fig. 12. 3300 kilowatt ovne paa Notodden aar 1910—11.

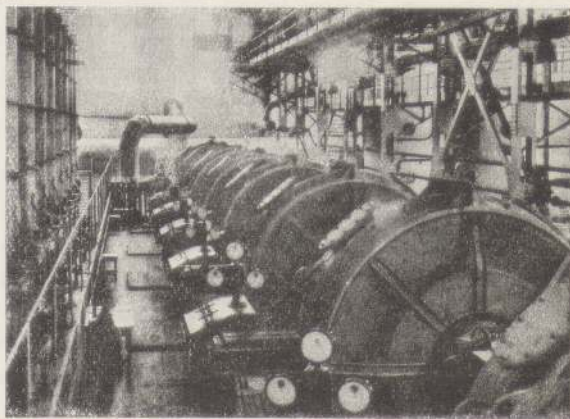


Fig. 13. 3300 kilowatt ovne ved Rjukan I, aar 1911—12.

kW. typen. — Med Henblik paa Rjukananlæggene blev imidlertid arbeidet med økningen av ovnsenheterne igjen optat i 1909, og var maalet nu at skaffe en ovn for 3 300 kW. belastning, saaledes at man med 3 ovne kunde belaste en 3-fasgenerator paa 10 000 kW. med en ovn pr. fase.

Denne ovnstype blev i 1910 benyttet ved en utvidelse av fabrikanlæggene paa Notodden for utnyttelse av kraften fra den i samme aar igangsatte Lienfos Kraftstation — 20 000 hk. — Den samme ovnstype blev ogsaa senere i 1911/12 benyttet ved  $\frac{1}{5}$  av den første utbygning av Rjukananlæggene (Fig. 12 og 13).



I anledning den anden utbygning av Rjukananlæg-  
gene, hvor man ønsket at øke generatorstørrelsen fra  
10 000 kW., som anvendt ved Rjukan I, til 12 000 kW.  
blev der 1913/14 utført forsøk for at faa ovnsenergien  
bragt op fra 3 300 til 4 000 kW. pr. ovn. Ogsaa dette lyk-  
kedes, og kunde man vinteren 1915/16 igangsætte Rjukan  
II, der var installeret udelukkende med ovne av denne  
type. (Fig. 14).

I løpet av ca. 10 aar var det saaledes lykkedes med  
*Birkeland-Eyde's* ovnsystem at naa frem fra den lille  
ufuldkomne forsøksovn paa 3 kW. til teknisk driftssikre  
ovnskonstruktioer paa 1 000, 3 000 og 4 000 kW. og med  
disse ovne at utnytte en energimængde paa ca. 180 000  
kW. eller ca. 250 000 hk. i salpeterindustriens tjeneste.



Fig. 14. 4000 kilowatt ovne ved Rjukan II, aar 1915—16.

Efterat ha gjennomgaaet utviklingen av *Birkeland-Eyde's* ovnsystem vil vi nu vende os til det andet av Norsk Hydros ovnsystemer, nemlig Dr. *Schönherr's* ovne.

Flammen i en Dr. *Schönherr*-ovn dannes ved at man  
mot en elektrisk gnist, der tilveiebringes mellem ovns  
nedre elektrode og flammerøret, fører en kraftig luftstrøm,  
der i en hvirvel fanger gnisten og skrueformet driver den  
op gjennom det rørformede flammerum til den naar ov-  
nens øvre elektrode. Flammen ved Dr. *Schönherr's* sy-  
stem ser for øiet ut som en cylindrisk straalebundt eller  
flammesøile, idet det menneskelige øie ikke formaar at op-  
fatte de enkelte lysbuer, der holdes i stadig spiralformig  
bevægelse om flammerørets midtakse.

Den gnist, der indleder flammedannelsen, istandbrin-  
ges ved at man gjennom et tændhul i flammerøret stikker  
ind en hjelpelektrode, der berører den nedre elektrode,  
og hurtig trækkes ut igjen naar gnisten er etablert.

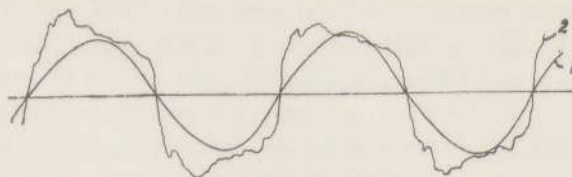


Fig. 15. Oscillogram for strøm og spænding i en  
Dr. *Schönherr*-flamme.

1. Strømkurve.
2. Spændingskurve.

Koblingsskema og spændingsforholde for en Dr.  
*Schönherr's* ovn er omtrent som for en *Birkeland-Eyde's*  
ovn.

Generatorspænding, induktionsspænding og ovnsspæn-

ding kan under drift tilnærmet sammensættes efter det i  
Fig. 16 viste diagram. Lysbuen ved Dr. *Schönherr's* sy-  
stem gir en effektfaktor i likhet med en selvinduktion,  
saaledes at man for det hele system ikke opnaar en saa

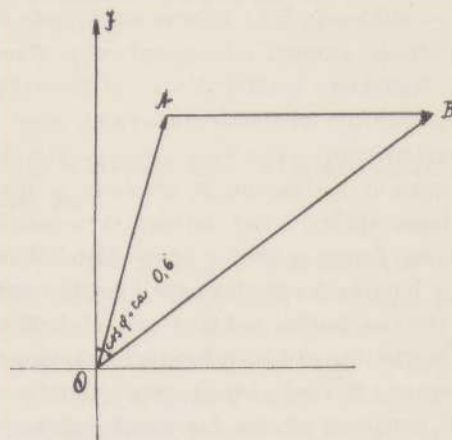


Fig. 16. Spændingsdiagram for en Dr. *Schönherr*-flamme.

- OA: Flammespænding.  
OB: Fasepænding.  
AB: Induktionsspølespænding.

høi effektfaktor som med ovne av *Birkeland-Eyde's* sy-  
stem. I praksis ligger effektfaktoren ved Dr. *Schönherr's*  
ovne mellem 0,6 og 0,7.

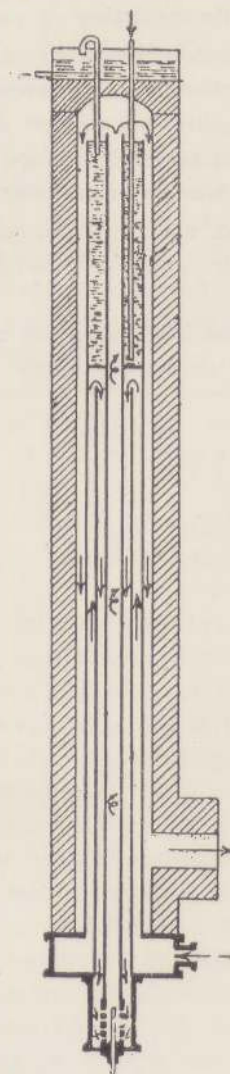


Fig. 17. Skematisk fremstilling av en Dr. *Schönherr*-ovn.

Spændings- og strømkurven sees av det i Fig. 15 viste  
oscillogram. Strømkurven er omtrent sinusformig og spæn-  
dingskurven viser en kontinuerlig vekselstrømslysue i



likhet med lysbuen i en almindelig vekselstrøms bue-lampe.

Dr. *Schönherr's* ovn (Fig. 17) består i sine hoved-træk av et flammerør midt i ovnen med en stavformet elektrode — stikkende ind i ovnens nedre ende og en rør-formet elektrode, anbragt i forlængelsen av flammerørets øvre ende. Endvidere består den av et forvarmningsrum og luftfordelingsrum utenom flammerøret, samt et ildfast muret gasavløpsrum.

Flammerøret består av et uisoleret jernrør, i hvis midte lysbuen spiller. Ved luftens skrueformige bevægelse omkring flammen holdes denne fast ind mot rørets centrum og hindres fra at slaa over i rørets vægge. Flammerørets ytervæg holdes avkjølet ved at kold luft ledes langs rørets yterside ned til luftfordelingskammeret i bunden av ovnen. Herved opnaar man samtidig som man avkjøler flammerøret at faa forvarmet luften, inden den tilføres flammen. Fra luftfordelingskammeret føres luften gjennom en tangentialindføring — bestaaende av en række fine huller, anordnet tangentialt omkring flammerørets nedre del — ind i flammerøret like under og omkring den nedre elektrode. Denne elektrode består som ovenfor nævnt av en i ovnens aksialretning regulerbar massiv jernstav, der under drift langsomt forbrænder, og maa fornyes ved efterregulering og paaskjötning.

Den øvre elektrode består av et dobbeltvægget vandkjølet kobberør og danner en forlængelse av flammerøret opad. Flammen spiller her paa en saa vidtstrakt kontakthode, at denne elektrode kun meget langsomt tæres og kun meget sjelden trænger utskiftning.

De første forsøk med Dr. *Schönherr's* ovnstype blev utført ved Badische Anilin & Sodafabrik i Tyskland i aarene 1904/05.

Det første industrielle anlæg for metodens praktiske utnyttelse og videre utvikling byggedes og igangsattes ved

Fiskaa i nærheten av Kristiansand i Norge i aarene 1907/08 med ovnsstørrelser av 400 kW. pr. ovn.

I 1907 etablertes mellem Badische Anilin & Sodafabrik (Dr. *Schönherr's* metode) og Norsk Hydro-Elektrisk Kvælstofaktieselskab (*Birkeland-Eyde's* metode) et samarbeide for utbygning av Rjukananlæggene.

Til disse anlæg blev der paa Notodden i 1909/10 konstruert og utexperimentert en større type av Dr. *Schönherr's* ovn, hvorved disse ovne kom op i enheter paa 800 à 1000 kW., og blev  $\frac{4}{5}$  av Rjukananlæggene første utbygning udstyrt med denne ovnstype.

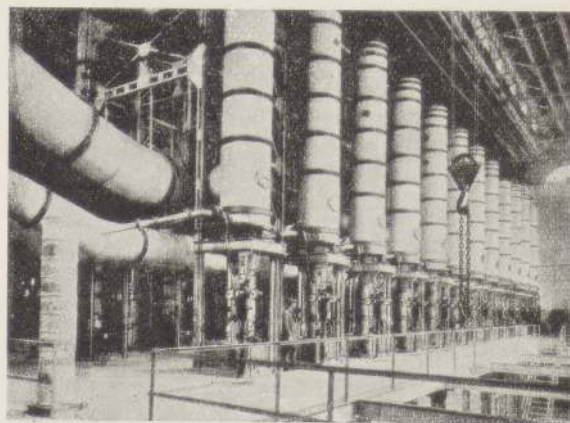


Fig. 18. 1000 kilowatt Dr. *Schönherr*-ovne ved Rjukan I.

Efterat Norsk Hydro-Elektrisk Kvælstofaktieselskab høsten 1911 hadde overtat disse anlæg alene og utløst Badische Anilin & Sodafabrik, blev den videre utvikling av Dr. *Schönherr's* ovnstype drevet videre av Norsk Hydro — haand i haand med den videre utvikling av *Birkeland-Eyde's* ovnstype, og samtidig med at *Birkeland-Eyde*-typens aggregater økedes fra 3 300 til 4 000 kW. bragtes Dr. *Schönherr's* ovn op fra 1 000 kW. pr. ovn til 1 500 kW. under bibehold av fuld driftssikkerhet og effektivitet.



## Utsikterna för ett ekonomiskt tillgodosgörande av vindkraften.

Av överingenjör Torsten Holmgren.

Vindens utnyttjande för stationär drivkraft har hittills icke nått någon stor omfattning. Under gångna sekler, före ångans tidevarv, har vindkraften varit av relativt större betydelse än nu. Den har som bekant under lång tid använts särskilt för kvarnar och vattenuppfodringsverk, det senare i betydande omfattning t. ex. inom Hollands invallade områden. De hos oss ännu i bruk varande väderkarnarna med i regel 4 segelbekladda vingar av plan sektion och ganska stora dimensioner synas icke hava konstruktivt utvecklats sedan flera hundra år tillbaka.

I början av innevarande århundrade nedlade professor *la Cour* i Askov sitt allbekannta banbrytande arbete för utvecklandet av vindelektricitetsverk, särskilt för lantbrukets ändamål. *La Cour's* arbete har resulterat i utförandet av en hel del isolerade anläggningar, där vindmotorn i kombination med en elektrisk ackumulator utnyttjas för belysning, motordrift o. d. *La Cour's* vindmotortyp har bruten vingsektion och utföres av trä.

Under senare hälften av förra århundradet och början av det innevarande har i Amerika utvecklats vad man brukar kalla den moderna vindturbinen, karakteriserad av ett stort antal relativt tätt sittande vingar eller skovlar. Dessa motorer, som även i Tyskland tillverkas fabriksmässigt av stål och järn, ha funnit betydlig spridning, särskilt för vattenpumpning vid lantgårdar.

Man ser sålunda nu, åtminstone i Sverige, vindmotorer av tre grundtyper: den gamla 4-vingade väderkvarnen med plan vingsektion, *la Cour's* 4-vingade typ med bruten och den amerikanska vindturbinen med i allmänhet buktig, men också ofte plan vingsektion och en mångfald »skovlar».

Emellertid har man i Sverige under de senare åren kunnat göra den iakttagelsen, att många gamla »väderkvarnar» inom de stora kraftverkens distributionsområden upphört med vinddriften och i stället satt in elektriska motorer, varvid verksamheten blivit oberoende av väder och vind. Efter vad det påstås på åtskilliga håll, har den elektriska kraften efter övergången ej kostat mer än förut underhållet av vingarna. De små vindelektricitetsverken med ackumulatorbatteri och oljemotorreserv ha icke heller kunnat konkurrera med de strömpris, som erbjudas av de stora energidistributionsföretagen. Man kan därför hos oss bevittna den företeelsen, att vindkraftanläggningarna alltmer försvinna. Samma erfarenhet har jag fått bekräftad i Holland, där man t. o. m. för vattenpumpning ersatt vindmotorer med elektrisk kraft från ångdrivna elektricitetsverk.

Trots allt detta, som ju icke ser lovande ut för vindkrafttekniken, finns det, enligt min uppfattning, tre be-

stämda skäl att nu omsorgsfullt undersöka frågan, huruvida vindkraften kan utnyttjas i stor skala med ekonomisk fördel. Dessa tre skäl äro följande:

- 1) Bränsleprisen ha stegrats till omkring det 10-dubbla under det att järnprisen ungefär 5-dubblats. Kostnaden för ur bränsle producerad energi har därför stigit i mycket högre grad än kostnaden för energi, alstrad med vindmotorer av järn.
- 2) För flygteknikens utveckling har ett gigantiskt vetenskapligt arbete utförts, bland annat rörande undersökning av luftmotstånd och luftens tryck emot buktiga ytor. Det material, som därvid vunnits, kan utnyttjas för förbättrade konstruktioner av vindmotorer.
- 3) Utvecklingen av den elektriska energidistributionen har givit upphov till stora elektricitetsverk, som vid vilken tid på året som helst kunna mottaga avsevärda effektelopp och utan svårighet kunna tillgodosätta all den energi, en stor vindmotoranläggning kan producera. Ackumuleringsfrågan, på vilken de isolerade vindelektricitetsverken ekonomiskt stupat, är därför beträffande en vindkraftanläggning, som samarbetar med t. ex. ett stort ångverk, utan betydelse. Man har alltså numera möjlighet att utnyttja hela energiproduktionen från en vindkraftanläggning av mest ekonomiska storlek utan kostnad för ackumulering.

Av detta års tidskrifter finner man också, att intresset för vindkrafttekniken börjar vakna på åtskilliga håll.

### Vindstatistik.

Vill man gå vindkraftens framtidsmöjligheter in på livet, är det att börja med av intresse att undersöka, huru stora energimängder, vinden per år för med sig; till exempel per 100 m<sup>2</sup> yta, alltid vänd vinkelrätt mot för tillfället rådande vindriktning.

För att klargöra detta har jag i fig. 1 sammanställt en del statistik från Stockholm, Magdeburg, Bromberg och Hållö fyr i Bohuslän i form av s. k. varaktighetskurvor, av vilka framgår hur stor del av året, en viss vindstyrka eller mera varit rådande på de olika platserna. Härav framgår nu exempelvis, att en vindhastighet av minst 5 m/sek. förekommer i Stockholm under ungefär 15 p:ct. av året, i Bromberg 25, i Magdeburg över 40, i Freiberg 60 och vid Hållö fyr icke mindre än 65 p:ct. av året. Vindstyrkan i olika trakter är sålunda väsentligen olika. Enligt uppgifter av *Assman* överstiger vindstyrkan 5 m/sek. i Hamburg, Kiel, Münster i Westfalen och Frankfurt am Main, liksom medeltalet för mellersta Tyskland, unge-



fär 25 p:ct. av året. För tyska Nordsjökusten är motsvarande värde ungefär 40 p:ct. och för Östersjökusten ännu något högre.

Den kurva, jag återgivit i fig. 1 över vinden vid Hällö fyr, har jag åstadkommit genom grafisk sammanställning av statistik från Meteorologiska centralanstalten i Stockholm. Primäruppgifterna äro baserade på mätning med anemometer 3 gånger per dygn (morgon, middag och kväll). Den tyska statistiken grundas på diagram, självregistrerade med *Fuess'* apparater och äro sålunda att anse som synnerligen exakta.

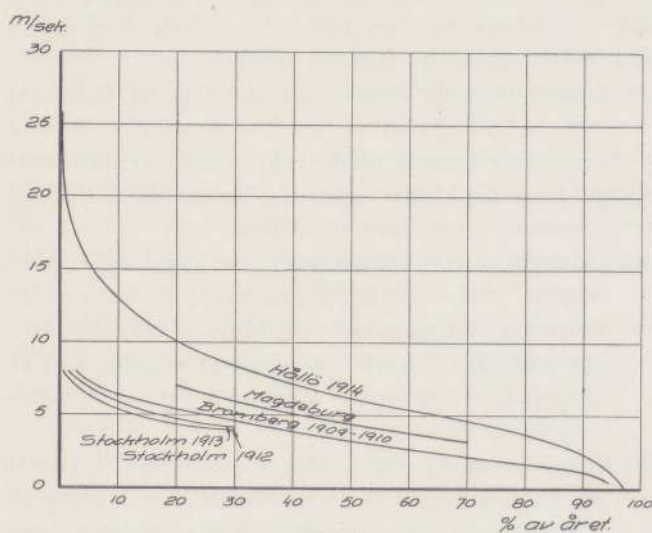


Fig. 1.  
Vindstyrkans varaktighet.

Emellertid bör framhållas, att vindstyrkan är avsevärt större högt över marken än lägre, »die Hütte» anger t. ex. en ökning av vindstyrkan intill det dubbla 100 m över jordytan.

#### Vindens energi.

Räkna vi ut levande kraften (rörelseenergien) hos den luft, som per sekund passerar en yta av 100 m<sup>2</sup> vinkelrätt mot vindriktningen, och angiva siffran i kilowatt, erhålla vi effekten  $E = 0,062 v^3$ , då  $v$  betecknar vindhastigheten i m/sek. I Fig. 2 har jag låtit räkna om varaktighetskurvorna för vindstyrkan vid Hällö fyr och i Bromberg på så sätt, att abscissan anger tid i timmar och ordinatan effekt per 100 m<sup>2</sup> i kilowatt. En planimetrering av dessa ytor ger till resultat, att vindkraftens energi per 100 m<sup>2</sup> vid Hällö utgör ungefär 420 000 kilowatttimmar per år. Utesluter man den del av ytan, som ligger ovanför 150 kW effekt, som säkerligen aldrig kan bli fråga om att utnyttja, återstår dock c:a 320 000 kWh per år. Diagrammet för Bromberg innehåller, om man skär bort all energi utöver den, som motsvarar mer än 8 m vindhastighet och all energi vid mindre än 2,5 m vind, ungefär 47 000 kWh.

Vi kunna alltså fastslå följande: Den av vinden medförda energien är i trakter, där meteorologiska genomsnittsförhållanden råda, omkring 50 000 kWh per 100 m<sup>2</sup> och år, men i kusttrakter väsentligt högre, på Bohuslänskusten t. ex. upp till mer än 400 000 kWh<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Uppgifter, lämnade vid Ørstedmötet av O. Engholm giva ungefär samma resultat för Jylland.

Det är nästan förbluffande stora energimängder, vinden för med sig. Såsom jämförelse kan nämnas, att i städerna det totala årliga energibehovet för belysning, kraft och spårvägar brukar ligga mellan 100 och 250 kilowatttimmar per invånare. På Sveriges västkust medför vinden alltså per kvadratmeter så stor energimängd, som behövs för nyssnämnda ändamål i städerna för 17 à 42 personer.

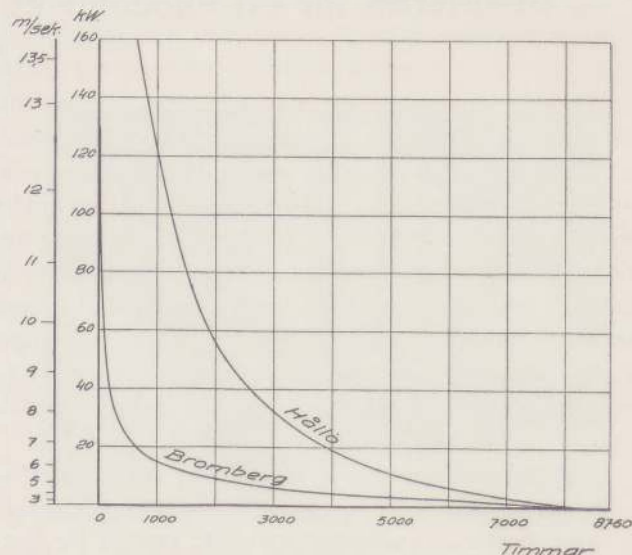


Fig. 2.  
Vindeffekt per 100 m<sup>2</sup> uttryckt i kilowatt. Varaktighetsdiagram.

Min uppgift är nu att söka klargöra, till ungefär vilket lägsta pris per kWh, man med nutida hjälpmedel har utsikt att kunna tillgodogöra en del av dessa energimängder, och i vilken utsträckning detta kan ske.

#### Fordringar på en vindmotor.

Det mål, man bör eftersträva vid utförandet av en vindkraftanläggning, är givetvis, att den producerar energi till lägsta möjliga kostnad per energienhet. Däremot har man icke anledning att i och för sig eftersträva något maximum av verkningsgrad. Naturkraften finns ju disponibel i överflöd. För att lägsta produktionskostnad för energien skall erhållas, måste summan av fasta och löpande årskostnader för anläggningen bliva ett minimum, räknat per producerad kilowattimme. De löpande driftkostnaderna, d. v. s. personal- och underhållskostnaderna, måste man uppenbarligen hålla så nära noll som möjligt, vilket givetvis bör åstadkommas genom automatisk drift och användandet av sådana material i maskineriet, som kräva minimum av underhållskostnad. Lägsta möjliga produktionskostnad för kraften erhålles sålunda, om man inriktar sig på lägsta möjliga anläggningskostnad per producerad kilowattimme, dock med användande av sådana material, som icke fordra nämnvärda underhållskostnader. Jag förutsätter, att hela vindmotorn utföres av galvaniserat stål. Man kan uttrycka samma sak så, att den bästa vindmotorn på en given plats är den, som utan nämnvärda driftkostnader, per 1 000 kr. i anläggningskapital producerar den största energimängden per år.

Bland de frågor, man har att särskilt studera för att komma till klarhet om vindkraftanläggningarnas möjligheter, vill jag framhålla de följande:



- Gynnsammaste vingform och gynnsammaste vingställning,
- Gynnsammaste vingantal,
- Gynnsammaste omloppshastighet,
- Ekonomiskt fördelaktigaste vingdiameter,
- Ekonomiskt fördelaktigaste begränsning av effekten,
- Den mekaniska energiens överföring och transformering.

Dessa olika frågor vill jag nu i korta drag beröra såvitt möjligt utan att gå in på konstruktiva detaljer för att söka belysa i vilken riktning, vindkrafttekniken bör utvecklas, och vilka resultat, vi ha att vänta eller hoppas på.

#### Vingform.

*La Cour* har i sitt förtjänstfulla arbete påvisat, vilken betydande skillnad i verkan, användandet av brutna vingar har, jämfört med plana. Han har även vidrört användningen av buktiga vingar och påvisat betydelsen av tryckresultantens riktning. Emellertid synes *la Cour*

icke hava ägnat den buktiga vingformen lika stort intresse som den brutna, påtagligen av det skäl, att han

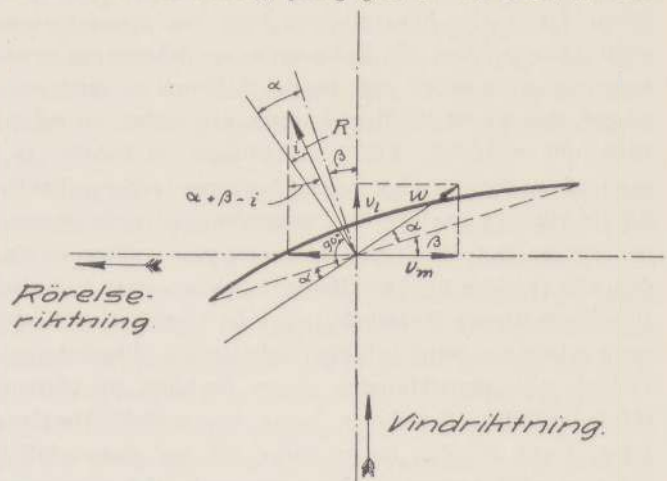


Fig. 3.

förutsatt, att vindmotorerna skulle utföras av trä så billiga som möjligt. Därvid har en vingform med cirkelsektorsek-

Grammeter  
per sekund  
per kvadrat-  
meter.

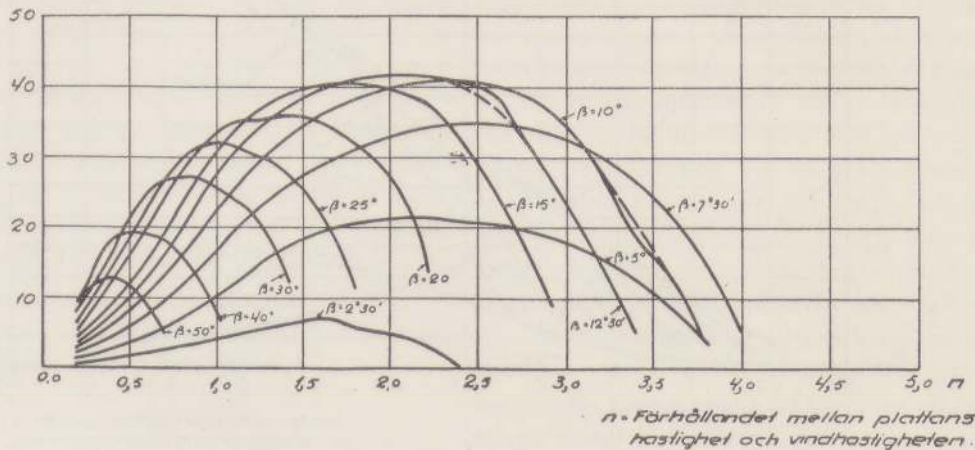


Fig. 4.

Plan platta  $10 \times 10$  cm i rörelse vinkelrätt mot vindriktningen. Vindhastighet 1 m/sek.  
Effekt i grammeter per sek. såsom funktion av förhållandet ( $n$ ) mellan rörelsehastighet och vindhastighet vid olika vinkel ( $\beta$ ) mellan platta och rörelseriktning. (enl. *la Cour*).

Grammeter  
per sek. per kv. m.

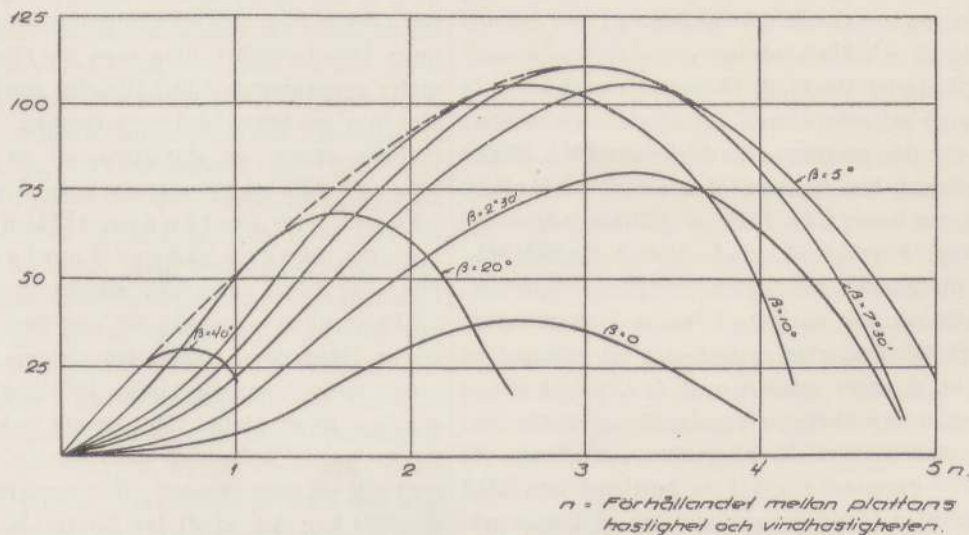


Fig. 5.

Vinkelplatta  $10 \times 10$  cm i rörelse vinkelrätt mot vindriktningen. Vindhastighet 1 m/sek.  
Effekt i grammeter per sek. såsom funktion av förhållandet ( $n$ ) mellan rörelsehastigheten och vindhastigheten vid olika vinkel ( $\beta$ ) mellan plattans baslinje och rörelseriktningen. (enl. *la Cour*).



tion påtagligen icke kunnat komma ifråga. Vill man bygga vingarna av galvaniserad plåt, finns däremot intet skäl att av fabrikationshänsyn avstå från den gynnsammaste vingsektionen. Just för bedömandet av frågan om gynnsammaste vingsektion och hastighet lämna de undersökningar, som gjorts för flygteknikens utveckling, en mängd värdefullt material. Fig. 3 åskådliggör en buktig yta i genomskärning och visar också, hurusom tryckresultanten till sin riktning avviker från normalen mot cirkelsegmentets korda. Det arbete per tidsenhet, ytan upptar av vinden, blir tydligen tryckresultantens  $R$  komponent i rörelseriktningen gånger hastigheten  $v_m$ . *La Cour* har mätt upp detta arbete för plana och vinkelplattor vid olika lutningsvinklar mot vindriktningen såsom funktion av plattans rörelsehastighet. Resultaten härav äro grafiskt återgivna i Fig. 4 och 5. Man finner härav, att den plana plattan vid 1 m vind kunnat upptaga maximalt 41,8 grammeter

Luftmotståndet i rörelseriktningen torde säkerligen kunna begränsas genom utnyttjandet av flygteknikens resultat i avseende på vingsektionens form på så sätt, att vingens bärande konstruktionsdelar omklädas med plåt.

### Vingantal.

Beträffande det gynnsammaste vingantalet har *la Cour* av sina försök dragit den slutsatsen, att vingarnas antal bör vara ringa. Detta är säkerligen riktigt. Ser man på diagrammet i fig. 6, finner man, att en platta av 20 cm bredd och 80 cm längd vid en hastighet av 4,8 m i en meters vind upptar 700 grammeter per sekund och kvadratmeter. Då vindens hela energi per kvadratmeter därvid är  $\frac{1}{2} \times \frac{1,25}{9,81} \times 1000 = 63,5$  grammeter per sekund, upptar plattan en energimängd lika stor som den totala energimängden hos en luftström med mer än 10 gånger

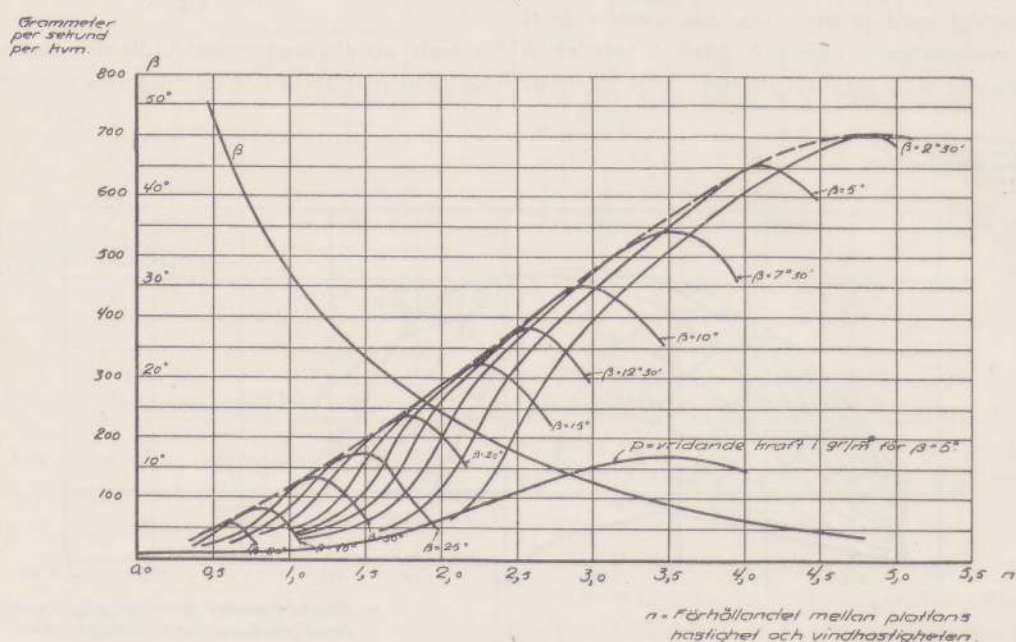


Fig. 6.

Cylindersektorformad platta  $20 \times 80$  cm, plathöjd 2,04 cm i rörelse vinkelrätt mot vindriktningen. Vindhastighet 1 m/sek. Effekt i grammeter per sek. såsom funktion av förhållandet ( $n$ ) mellan rörelsehastigheten och vindhastigheten vid olika vinkel ( $\beta$ ) mellan plattans korda och rörelseriktningen.

Kurvorna härledda ur Göttinger-Anstaltens publicerade undersökningar.

per sekund vid  $12\frac{1}{2}^\circ$  lutning och 2,8 m hastighet. Den brutna plattan ger maximalt 108 grammeter per sekund vid 3 m hastighet och  $7\frac{1}{2}^\circ$  lutning.

Jag har på sin tid (år 1916) tillsamman med Ingeniör Ernst M. Ågren i ett arbete, som lämnats för publicering i »Zeitschrift für das gesamte Turbinenwesen»<sup>1)</sup>, härlett energiuppsamlingen hos buktiga ytor ur undersökningsmaterial, som publicerats år 1910 av Göttinger-Anstalt i »Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt», vilka avsett utrönandet av lyftkraften hos flygmaskinvingar. Jag vill inte här upptaga tiden med att redogöra för, hur vi gått tillväga, utan endast visa ett exempel på resultaten. Fig. 6 anger analogt med *la Cour*'s i Fig. 4 och 5 återgivna undersökningar kurvor för en platta med cirkelsektorformad sektion. Man ser därav, att denna yta tar upp c:a 700 grammeter vid 1 m hastighet och  $2\frac{1}{2}^\circ$  lutning. Innebörden härav för vindmotorers vidkommande är tydligen, att man med en buktig vinge bör kunna få ut samma effekt som *la Cour*'s motor med mycket mindre vingytor.

<sup>1)</sup> Sedermera infört i Hefte 32 à 33, Nov. 1920.

plattans egen bredd i rörelseriktningen. Nu kan man naturligtvis icke med en vindmotor bromsa bort luftström-  
mens hela hastighet, utan man får räkna med, att vingen under gynnsammaste förhållanden upptar en del av energien hos en ännu bredare luftström. Härav måste man tydligen draga den slutsatsen, att största möjliga energi får man ut av en vindmotorvinge, endast om avståndet till nästa vinge är många gånger större än vingbredden. Det förefaller högst sannolikt, att det gynnsammaste ekonomiska resultatet kommer att nås med endast två vingar. Denne fråga resp. frågan om vingens mest ekonomiska bredd torde knappast kunna fullständigt utredas av tillgängliga försöksdata. Mot denna bakgrund ställer man sig undrande inför det amerikanska vindturbinssystemet med tätt sittande skovlar. För vindkraftens utnyttjande i stordrift kan det, såvitt jag förstår, icke bli det ekonomiskt gynnsammaste. Undersöker man denna sak närmare, finner man lätt, att den »moderna vindturbinens» konstruktion betingas av önskemålet att vid svag vind uppnå det vridningsmoment, som kräves för att hålla en



viss arbetsmaskin, t. ex. en kolvump, igång. Man vill med andra ord hålla den drivna pumpen igång så stor del av året som möjligt utan att kunna draga full nytta av den vid starkare vind med vindhastighetens 3:dje potens växande energitillgången.

I det föregående har jag icke berört frågan om vindhulets verkningsgrad. Därmed skulle man då mena förhållandet mellan vindmotorns mekaniska effekt och effekten hos en luftström, som med vindhastigheten genomlöper en area lika med den av vingarna bestrukna cirkelytan. Eftersom vindmotorn genom luftströmmens sugning på läsidan i någon mån kan tänkas bromsa luftens rörelse även utanför denna cirkel, är det kanske riktigare att tala om skenbar verkningsgrad. Med stöd av effektsiffror, givna av Stertz i »Moderne Windturbinen«, har jag funnit den skenbara verkningsgraden hos vindturbiner av 6—12 m hjul diameter och 3—6 m vind variera mellan 48 och 52 pCt. Enligt *la Cours* gav hans motor med 8 m långa vingar och 6 m vind 22 pCt. skenbar verkningsgrad. Skillnaden synes mig fullt motiveras av olikheten i vingsektion. Det stora antalet skovlar är alls icke olägligt med hänsyn till verkningsgraden, men den uppnåeliga effekten per kvadratmeter vinggyta och kostnaden för konstruktionen per utnyttjad kWh. blir en helt annan fråga.

Vilken skenbar verkningsgrad man får ut med en tvåvingad motor med buktig vingsektion, är naturligtvis vanskligt att förutsäga. Den bör naturligen, om vingbredden väljes riktigt, bliva avsevärt större än för *la Cours* motortyp, och med riktigt vald vingsektion och hastighet, finns egentligen intet skäl varför den skulle antages bliva mindre än för den amerikanska turbintypen, om den blott bromsar luftströmmen i gynnsammaste grad och är utformad för minsta förlust genom luftfriktion.

#### Om loppshastighet.

Den största arbetsprestationen av varje del av vingen erhålles, som förut sagts, om hastigheten är en viss mångfald av vindstyrkan. Därvid måste man komma ihåg, att vindhastigheten vid försök med plattor direkt mätts upp och alltså motsvarar den i vindmotorn verkligen rådande, som genom motorns bromsande verkan påtagligen är mindre än den ohämmade vinden. Om man i en vindmotor tar ut 50 pCt. av vindens effekt i den bestrukna cirkeln, reducerar man vindhastigheten till kanske 80 pCt. av den naturliga. Den gynnsammaste vinghastigheten i förhållande till den fria vinden bör då vara ungefär 80 pCt. av de i diagrammen angivna siffrorna, vilket också tycks stämma med erfarenheterna från utförda anläggningar. Då nu emellertid vingens hastighet från centrum till periferien växer proportionellt mot radien, löper endast en viss punkt utefter vingen med den ideala hastigheten, under det alla utanför liggande delar löpa för fort och alla innanför liggande delar för sakta. Detta förhållande har föranlett mig att för mycket stora vindmotorer tänka på möjligheten att använda flera vingpar utanför varandra. Delar man upp vingen, exempelvis i två delar, av vilka den inre har den yttres halva radie, får den inre vingen löpa med dubbelt så stort omloppstal som den yttre. Genom en sådan anordning kan man öka upp energiutbytet i cirkelns inre del, så att energiproduktionen av hela anlägg-

ningen stiger med kanske 20 pCt. Man får en mer komplicerad och dyrare konstruktion, och för varje fall måste utredas, huruvida lösningen är ekonomiskt gynnsam. Största energi får man alltså ut av en vindmotor, om dess omloppshastighet är proportionell mot vindhastigheten. Dess effekt är därvid proportionell mot varvtalets tredje potens.

Skall en vindmotor leverera energi till ett trefasnät, vore det emellertid enklast, om den löpte med konstant varvtalet, resp. om asynkron generator användes, med nära konstant varvtalet.<sup>1)</sup> Det blir då en särskild fråga vilket varvtalet, som ställer sig gynnsammast. Som jag sedan skall komma till, kan man icke tänka på att utnyttja vindstyrkor utöver en viss övre gräns. Det gäller alltså vid valet av varvtalet att finna den hastighet, som tillgodogör möjligast stor del av vindenergien under denna gräns. Lösningen blir då i väsentlig grad beroende av vindvaraktighetsdiagrammets utseende på den trakt, där motorn skall ställas. Se vi t. ex. på diagrammen i fig. 2, är tydligt, att man vid Hållö skulle inrikta sig på att utnyttja vinden mellan kanske 6 och 12 meter, under det att man i Bromberg hellre skulle hålla sig mellan t. ex. 3 och 8. I förra fallet skulle man kanske gå till 30 m periferihastighet, vilket gäve gynnsammaste utbyte vid c:a 10 m vind, under det att man i senare fallet hade mer fördel av någonting omkring 20. Emellertid kan den gynnsammaste omloppshastigheten för varje fall någorlunda utredas med stöd av vingtypens effektkurvor. Ett konstant varvtalet hos vindmotorn kommer i varje fall att ge ett avsevärt mindre energiutbyte än ett mot vindhastigheten proportionellt och medför också den komplikationen, att vingarna för ernäendet av bästa utbyte måste vridas allt efter vindstyrkans variationer.

Det har påståtts, att erfarenheten visat omöjligheten att driva en vindmotor med konstant varvtalet. För att komma till klarhet, huru det förhåller sig med den saken, återgå vi till diagrammen över ytors förmåga att uppta vindenergi vid olika hastighet i förhållande till vinden. Se vi då på de *la Cours*ka diagrammen för plana och brutna plattor, dividera arbetet med  $n$ , så får man kraften i rörelseriktningen, d. v. s. ett mått på vridningsmomentet. För den plana plattan finner man, att vridningsmomentet stiger med sjunkande hastighet och oförändrad vingställning, d. v. s. om man överbelastar en vindmotor med plan vingsektion, så sacker dess hastighet, under det att vridningsmomentet stiger. Vid ökad belastning saktar sålunda en vindmotor av denna typ farten, till dess jämvikt uppnås. Se vi på diagrammen över den brutna plattan, finna vi, att vridningsmomentet stiger endast obetydligt utöver vridningsmomentet vid gynnsammaste hastighet. Går man till lägre hastighet, avtar vridningsmomentet vid sjunkande hastighet. Följden härav är, att en *la Cours* motor kan bromsas till ett obetydligt större vridningsmoment än det gynnsammaste, d. v. s. det, som vid given vindhastighet ger största effekt. Bromsar man med ett för stort vridningsmoment, stannar den, och detta inträffar alltså ganska snart, om man överskrider det gynnsammaste momentet.

I en ännu mycket högre grad är detta fallet med den buktiga ytan. Man kommer där praktiskt taget icke till

<sup>1)</sup> Man lär dock numera för ändamålet hava utbildad asynkrongeneratorer med varvtalet variabelt i förhållandet 1:2.



högre vridningsmoment än det vid gynnsammaste hastighet erhållna. Skulle man sålunda försöka driva en sådan motor med konstant varvantal genom att bromsa den med ett mott vindmotorns effekt svarande kraftpar, så är uppenbart, att vindmotorn ögonblickligen skulle stanna, så snart vindstyrkan avtar. Påtagligen blir förhållandet precis detsamma, om man vill hålla varvtalet konstant genom att vrida vingarna automatiskt. Vindmotorn kommer då alltid att sakta av, så snart vindstyrkan sjunker.

Helt annorlunda förhåller sig saken, om motorn arbetar på en trefasgenerator, infasad på ett stort ledningsnät. Där kommer vridningsmomentet alltid att automatiskt anpassa sig efter vindmotorns effekt och hastigheten hålles ju konstant från trefasnätet, så att något avstannande kan aldrig bli tal om. Vingställningen borde även i ett dylikt fall regleras, men endast för att öka energiutbytet. Den måste i så fall regleras efter vindhastigheten. Man bleve då nödsakad att ombesörja vingarnas vridning med ett särskilt vinghjul eller vingpar i vindmotorns centrum, där ju under alla förhållanden en outnyttjad vindyta måste finnas.

Denna undersökning av vindmotorns vridningsmoment ger utan vidare förklaringen på det förhållande, som kan iakttagas på vindmotorer, använda för pumpning, att deras hastighet varierar starkt. När vindmotorn arbetar på en pump, är vridningsmomentet någorlunda konstant. För varje gång vindstyrkan avtar under den gräns, vid vilken sagda vridningsmoment uppnås, stannar vindmotorn tydligen helt och hållet.

#### Ekonomisk vingdiameter.

Vindmotorns totala årliga energiproduktion är proportionell mot den av vingarna bestrukna arean, alltså mot vingdiameterens kvadrat eller, vilket för mycket stora enheter blir praktiskt taget detsamma, mot tornhöjdens kvadrat. Kostnaden för vindmotorn är sammansatt av kostnaderna för fundamentet, den uppbärande järnkonstruktionen (tornet), vingarna, transmissionsorganen från vingarna till den maskin, som transformerer energien — det må nu vara en pump eller en elektrisk maskin — samt kostnaderna för denna sistnämnda. I det förutnämnda arbetet, som undertecknad jämte ingenjör *Ernst M. Ågren* utfört år 1916, hava vi funnit, att totalkostnaden per kilowatt effekt faller med växande storlek på vindmotorn intill c:a 50 meters vingdiameter för att därefter bli tämligen konstant. Kostnaden för anläggningen växer sålunda för maskiner med mer än 50 meters diameter ungefär i proportion till kvadraten på vingdiameteren, åtminstone upp till en storlek motsvarande ungefär 125 meters vingdiameter, och till så stora maskiner torde man knappast kunna gå.

#### Ekonomisk begränsning av effekten.

Återgå vi till fig 2, se vi, hur vindens effekt stiger vid hög vindstyrka. Vid den i Sverige högsta förekommande vindstyrkan 37 sekundmeter skulle vindeffekten bli c:a 3 150 kilowatt per 100<sup>2</sup> yta. Det är klart, att det icke lönar sig att sätta in så stort maskineri. Ju större maskineri, man väljer, dess större blir kostnaden och dess större tomgångsförlusten. Man ökar alltså med maskinstorleken den del av vindenergidagrammet nedtill, som

måste offras såsom ständig förlust. Ju mindre man väljer maskineriet, dess lägre maximivind kan man fullt utnyttja, dess större toppyta av diagrammet måste man skära bort genom reglering av vingställning eller med »stormluckor« el. dyl. Man måste alltså utreda till vilken gräns, man med största ekonomiska fördel bör utnyttja vinden, vilket ju med tillhjälp av vindeffektens varaktighetsdiagram lätt kan ske, och därefter bestämma maskinstorlek och som förut nämnts omloppshastighet, om man vill gå med konstant varvtal.

#### Transmissionsorganen.

Jag har i det föregående omnämnt, att den gynnsammaste periferihastigheten är proportionell mot vindhastigheten. En följd härav är, att man antingen får avstå från att vid alla vindstyrkor arbeta med den gynnsammaste vinghastigheten eller också avstå från ett bestämt varvantal per minut hos vindmotorn.

Kan man icke ordna så, att den av vindmotorn drivna maskinen (t. ex. en pump eller elektrisk generator) automatiskt ökar sin belastning proportionellt mot varvtalets tredje potens, kan man icke med bästa möjliga energiutbyte använda sig enbart av vanliga kuggväxlar och axlar för energiens överföring från vinghjulet till den drivna maskinen. Idealet vore ett mellanled, som tillåte vindmotorn att löpa med mot vindstyrkan proportionell hastighet, och som överförde hela effekten till en trefasgenerator med konstant varvtal. En sådan lösning kan åstadkommas med användande av likström som mellanled, men torde bli dyrbart och medföra avsevärda energiförluster. Säkerligen är ett sådant system dock värt en ekonomisk jämförelse med en vindmotor med konstant varvtal, och skulle tekniskt fungera bättre. Även andra sätt kunna tänkas, såsom hastighetsändring stegvis med kuggväxlar å la automobil eller möjligen ett hydrauliskt mellanled bestående av centrifugalpump och turbin med av vindmotorns varvtal beroende variabelt tryck och vattenmängder. En sådan anordning utförd i stil med en s.k. Föttingertransformator, bestående av ett centrifugalpumphjul med variabel hastighet och ett turbinhjul med konstant hastighet inom samma hölje skulle utan varierat pådrag och kanske utan all reglering arbetande på ett trefasnät kunna taga ut en effekt proportionell mot varvtalets tredje potens och sålunda alltid hålla vindmotorn i gynnsammaste hastighet. Förlusterna och kostnaden dock liksom för elektrisk omformning betydande. Största svårigheten torde ligga i att bygga turbinhjulet med god verkningsgrad för varierande tryck. Ytterligare en anordning bör i detta sammanhang nämnas, nämligen *Janson's* vindelektricitetsverk vid Hammarby utanför Stockholm. Anläggningen finns beskriven i *Teknisk Tidskrift* för november 1919, till vilken jag hänvisar. Jag vill blott nämna, att det hela går ut på att medelst en väldig betongvikt, hängande i en ändlös kedja giva den elektriska generatoren en konstant belastning vid konstant hastighet oberoende av vindmotorns hastighet. Är vindmotorns effekt mindre än motsvarande generators belastning, sjunker vikten och levererar skillnaden. När vikten kommer till sitt lägsta läge, kopplas generatoren ifrån och står stilla, tills vikten lyfts till nära sitt högsta läge. Längden av generators arbetsperioder bli sålunda beroende av vindhastigheten. Vind-



motorns belastning blir emellertid direkt proportionell mot varvtalet, icke mot dess tredje potens, vilket med hänsyn till energiutbytet vore önskvärt. Ur energiutbytes-synpunkt vinnes genom denna anordning alltså icke mer än genom användandet av t. ex. en kolvklump.

I de undantagsfall, då en vindkraftanläggning av nu ifrågavarande slag är i tillfälle att leverera sin energi direkt på ett likströmsnät med konstant spänning, torde lösningen av problemet att alltid bromsa vindhjulet till gynnsammaste varvtal vara relativt enkel och icke erfordra annat än ett normalt konstruktionsarbete.

Skall vindmotorn användas för produktion av elektrisk energi, har man alltså principiellt att välja mellan två vägar: antingen att låta vindmotorn löpa med den gynnsammaste mot vindstyrkan proportionella hastigheten eller också att låta den gå med konstant varvtal, eventuellt ändrat stegvis. Den senare metoden kan särskilt vara att beakta för direkt energileverans till trefas växelströmsnät. En undersökning av, i vad mån vindmotorns årliga energiproduktion minskas genom användandet av ett bestämt, vid normala förhållanden lämpligt varvtal, tar tytt på, att energialstringen därigenom icke behöver sjunka mer än kanske 15 à 20 pCt. Det blir sålunda för varje fall en räknefråga att avgöra vilkendera metoden, som blir den ekonomiskt gynnsammaste. Det är ju också möjligt, att man utan alltför stora svårigheter kan bygga en elektrisk maskin, som med variabelt varvtal kan leverera trefasenergi av konstant periodtal (kommutator-generator?).

Den mekaniska överföringen från vingarna till den elektriska maskinen eller pumpen torde utan större tekniska svårigheter kunna ordnas särskilt efter senare tiders utveckling av kugghjul och kullager.

Det säger sig självt, att hela anordningen med hänsyn till driftkostnaderna bör utföras så, att kontinuerlig bevakning icke erfordras, utan endast tillfällig inspektion. Vidare måste konstruktionen riktas in på minsta möjliga förluster, särskilt tomgångsförluster. I de flesta fall kommer man därför troligen till en anordning med flera maskiner, t. ex. en mindre arbetande vid svaga vindar och en större eller ytterligare en lika stor vid starkare vind.

#### S a m m a n f a t t n i n g.

Genom nu anförda överväganden kommer jag till följande slutsatser beträffande en ekonomisk vindmotoranläggning för energiproduktion till ett elektriskt ledningsnät.

1. Vingarna, 2 eller i varje fall få till antalet, böra ha en sektion, som mycket påminner om en modern flygmaskins vingsektion.
2. Vingens bredd bör ej överstiga  $10^0$  av cirkelperiferien.
3. Periferihastigheten bör vara direkt proportionell mot den fria vindhastigheten och väljas så, att hela vingens effekt vid viss vindhastighet blir ett maximum.
4. Vindmotorn bör utföras med största möjliga vingdiameter intill 50 m.
5. Hela maskineriet utföres så, att det kan utnyttja en största vindstyrka, vilken i vindrika trakter synes ligga vid 9 à 12 m. per sekund, i vindfattiga trakter avsevärt lägre. Vid högre vindstyrka måste motorn automatiskt begränsa effekten. Maximieffekten blir då i vindrika trakter c:a 25 kW per 100 m<sup>2</sup> yta eller mer, d. v. s. runt 500 kW för en 50 m. motor; resp. i

vindfattiga trakter 11 kW per 100 m<sup>2</sup> och 220 kW för en 50 m. anläggning.

6. Vindmotorn bygges antingen för konstant varvtal med automatiskt vridbara vingar för arbete direkt på ett trefasnät eller för ett mot vindhastigheten proportionellt varvtal. I senare fallet får antingen det elektriska maskineriet arbeta direkt på ett likströmsnät eller något ännu icke utarbetat system användas för effektens överförande från vindmotorns med variabel hastighet löpande axel till en trefasgenerator med konstant varvtal.

#### E n e r g i u t b y t e.

Åtegå vi till diagrammet fig. 2 för vindeffekten vid Hållö fyr och antaga, att maximieffekten begränsas till en vindeffekt av 50 alternativt 75 kilowatt per 100 m<sup>2</sup>, vidare att tomgångsförlusterna äro 5 kilowatt, finna vi genom planimetrering av ytan däremellan, att en vindenergi per år av 160 000 alternativt 194 000 kilowattimmar finns att tillvarataga. Löper motorn med gynnsammaste hastighet, bör härav kunna levereras 50 pCt. till maskineriets axel, eller alltså 80 000 alt. 97 000 kWh. Ombesörjes nu transformeringen till trefasström av ett elektriskt mellanled, torde vi få räkna med en energiförlust i detta (utöver förut avdragna tomgångsförluster av c:a 40 000 kilowattimmar vindenergi) av säg 15 pCt. Återstår alltså 68 000 alternativt 83 000 kWh att leverera till det elektriska ledningsnätet. Omräknat på ett 50 m. vindmaskineri skulle detta betyda 1 360 000 alternativt 1 660 000 kilowattimmar per år.

Utför man däremot anläggningen för konstant varvtal, torde man kunna räkna med ett utbyte av 35 à 40 pCt. mot ovan angivna 50 och erhålla som slutresultat c:a 80 pCt. av ovan angivna energimängder, d. v. s. för en 50 m. anläggning 1 000 000 alternativt 1 300 000.

I meteorologiskt medelmåttiga trakter reduceras dessa siffror till en tredjedel à en fjärdedel.

#### E k o n o m i.

Som jag nämnt ha tidigare undersökningar pekat på en 50 m. maskin som gynnsammaste storlek. I meteorologiskt genomsnittliga trakter bör ett sådant maskineri utföras för fullt utnyttjande av vinden intill 8 m, motsvarande en vindeffekt av 630 kilowatt eller vid 50 pCt. verkningsgrad en maximal elektrisk effekt av 315 kilowatt. I vindrika trakter är det ekonomiskt att öka generatoreffekten till 500 à 750 kilowatt. Energiproduktionen har beräknats till runt 400 000 kWh per år, i vanliga trakter resp. 1 à 1,3 milj. kWh i vindrika trakter angivna till elektriskt ledningsnät, om vindmotorn går med konstant varvtal.

Anläggningskostnaderna för en motor av 50 m. vingdiameter med tillbehör för dessa 3 generatorstorlekar har vid nuvarande pris beräknats överslagsvis på följande sätt:

|                                                                                    | 315 kW<br>kr. | 500 kW<br>kr. | 750 kW<br>kr. |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Vingsystem med »vindros»,<br>vridanordningar, vändskiva,<br>kuggväxlar och axlar.. | 90 000        | 95 000        | 100 000       |
| Torn, 30 m högt, med fundament .....                                               | 50 000        | 50 000        | 50 000        |
| Elektrisk generator med in-<br>str. och rum .....                                  | 35 000        | 40 000        | 55 000        |
|                                                                                    | 175 000       | 185 000       | 205 000       |



|                                                                               |         |           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------|-----------|
| Antaga vi en total årskostnad av 12 p:ct. på anläggningen eller runt kr. .... | 21 000  | 22 500    | 24 600    |
| och därför erhålla årligen                                                    |         |           |           |
| kWh .....                                                                     | 400 000 | 1 200 000 | 1 500 000 |
| blir kostnaden per kWh i öre                                                  | 5,3     | 1,87      | 1,63      |

Jag har sålunda kommit till den slutsatsen, att en vindmotoranläggning har utsikt att leverera energi till en kostnad av storleksordningen ett par öre per kWh på Sveriges västkust och till 5 å 6 öre per kWh i vindfattigare genomstrakter. Jag tror, att kostnadsberäkningen, som utförts av Ing. Ernst M. Ågren, ligger på säkra sidan. Det torde vara möjligt, att siffrorna i verkligheten kunna bli lägre.

Då jag tyvärr icke haft tillfälle få belägg för mina resultat i utförd anläggning, utan det hela tills vidare är rent skrivbordsarbete, grundat på litteraturstudier, kan det vara av intresse att se, hur det stämmer med uppgifter från utförda anläggningar med vanliga konstruktioner.

D:r Liebe anger i E. T. Z. juni 1920 kostnaden för en 30 m. vindanläggning till 300 000 Mk., varvid 150 000 kWh årligen utvinns. Denna senare siffra är grundad på ett i försöksanläggning erhållet resultat, där en 8,5 m. maskin givit 10 000 kWh. Liebe uppger själv, att maskinen står på en ogynnsam plats. Siffran motsvarar nästan precis den ovan för meteorologiskt normala trakter angivna. Räkna vi om anläggningskostnaden i svenskt mynt till 30 000 kr. och multiplicera siffran med 2 för våra dyrare förhållanden och anse årskostnaden vara 12 p:ct. därå eller 7 200 kr., vore kostnaden per kWh 4,8 öre eller runt 90 p:ct. av den förut av mig funna. Överensstämmelsen med redan utförda anläggningar synes sålunda mycket god, och är det riktigt, att ekonomiskt fördelaktigare konstruktioner kunna ernås på det sätt, jag kommit till, måste givetvis kostnaden kunna tryckas under de angivna siffrorna.

#### Användningsområden.

Det är sålunda tämligen säkert, att man i vindrika trakter med vindmotor har utsikt att kunna producera elektrisk energi för en kostnad understigande 1,5 å 2 öre per kilowattimme, om n. b. användning finns för all av vindmotorn producerad energi. Detta kan i viss utsträckning vara fallet, då det gäller länshållning av invallade områden, såsom t. ex. i Holland, vidare vid samarbete med ett ångdrivet elektricitetsverk, vars minimibelastning överstiger vindmotorns maximeffekt. Vinsten av kombinationen mellan ångverk och vindkraftverk av lämplig storlek vore sålunda vid nuvarande bränslepris så stor, att anläggningskapitalet 200 000 kr. betalas av bränslekostnadsbesparingen  $(15 - 1,75) 0,01 \times 1 500 000 = 200 000$  på jämnt ett år. Med en energikostnad av 1,5 öre per kilowattimme är det t. o. m. lönande att spara bränsle i ångpannorna genom uppvärmning med vindalstrad elektrisk energi.

I huru stor utsträckning vindkraften kan ersätta bränsle, är mycket beroende av i vilken grad distributionen av bränslealstrad energi är centraliserad.

Även en centralisering av bostadsuppvärmningen kan vara av betydelse för vindkraftens utnyttjande. En sådan centralisering skulle nämligen möjliggöra inkoppling av vindkraftanläggningarna på ångpannorna under sådan tid, då det elektriska nätet icke kan konsumera hela vind-effekten.

Det skulle för visso vara av intresse att söka få fram en bild av, hur stor del av Danmarks kolimport, som skulle kunna ersättas med vindkraft, och vilken besparing det skulle kunna medföra. Ett sådant överslag har jag emellertid ej haft tillfälle göra. Det kan dock kanske vara av intresse nämna, att varje vindkraftanläggning av det skisserade slaget, samarbetande med t. ex. en centraliserad elektrisk energidistribution på Sjælland skulle medföra en årlig besparing av mer än 200 000 kronor och att full användning säkerligen så småningom kommer att vinnas för åtskilliga 100-tal sådana maskiner.

#### Slutsatser.

Resultatet av min betraktelse är sålunda, att produktion av elektrisk energi med vindkraft i gynnsamma trakter har utsikt att bli en god affär. Olöst är ännu uppgiften att med en vindmotor, som löper med variabel hastighet, driva en generator med konstant varvtal. Intill dess en god lösning på detta problem vunnits, har man emellertid möjlighet att med något mindre energiutbyte använda hittills begagnade tekniska hjälpmedel.

Jag har för min del blivit fullt övertygad om, att en omedelbar renässans av vindkrafttekniken är högeligen motiverad — icke såsom konkurrent till vattenkraft och ångtekniken — utan såsom komplement till dem.

Jag vill därför hoppas, att *la Cour's* banbrytande arbete kommer att fullföljas i en ny försöksanläggning, där man inriktar sig dels på att utnyttja det väldiga material, som förarbetena för flygteknikens utveckling lämnat för vingkonstruktionen, dels på att utnyttja energien för direkt leverans i bestående trefasnät.

Till slut vill jag understryka, att jag varit mycket tveksam om lämpligheten att lägga fram dessa spekulationer vid detta tillfälle, då jag ju endast är lekman på området. Sedan jag blivit uppmanad till det, har jag i alla fall gjort det i tanke, att mitt anförande skulle kunna locka andra in på samma område och att det i varje fall icke kan göra någon skada, även om åtskilligt kan göras bättre. I huvudsak är arbetet gjort redan 1916 och då jag i litteraturen icke funnit någon avgjord utveckling i den riktning, som jag tror vara den rätta, har jag hoppats kunna giva en eller annan impuls åt dem, som ägna sig åt vindkrafttekniken, och därmed möjligen påskynda utvecklingen.



## Det moderne Grundlag for Konstruktion af Vindmotorer.

Af Professor, Dr. phil. Erik Schou, M. Ing. F.

Den overordentlig store Forhøjelse af Kulpriserne og de store Vanskeligheder ved Fremskaffelsen af Kul som er indtraadt under Krigen og navnlig efter dennes Ophør har bevirket, at man overalt, selv i de Lande, der er i Besiddelse af Kullejer, har bestræbt sig for at drage Nytte af andre, hidtil mindre eller slet ikke paaagtede Energikilder. Vi har saaledes her i Landet været Vidne til, at man er begyndt paa at udnytte de hidtil lidet benyttede Brunkulslejer, der findes i Jylland, og Kullejerne paa Bornholm. Endvidere har Tørveindustrien faaet en ganske overordentlig stor Udvikling og har vist sig at være i Stand til at give en yderst værdifuld og ganske uundværlig Hjælp under Mangelen paa Stenkul. Dernæst har man med Held udført det fortjenstfulde Arbejde, at gennemføre flere betydelige Vandkraftanlæg. Under alle disse Anstrengelser er heller ikke Vindkraften blevet glemt, thi under Krigen, og navnlig i de Aar, da Tilførselen af Brændselsolie var indskrænket til det yderste, blev der indrettet en Del Elektricitetsværker med Vindmotorer. Man byggede i denne Henseende paa tidligere Erfaringer, idet der, som bekendt netop her i Landet af Prof. *la Cour* paa Askov er udført et stort og grundlæggende Arbejde for at nyttiggøre Vindkraften. Trangen til nye, og navnlig hjemlige Energikilder, er imidlertid saa stor, at det, som kan naas paa Grundlag af de allerede indvundne Erfaringer, ikke tilfredsstiller; der stilles det Spørgsmaal, kan vi ikke naa videre? er de af *la Cour* fundne Tal for en Møllens Arbejdsevne de højeste, som kan naas, eller kan man komme videre? En ganske nødvendig Betingelse for at kunne drage den størst mulige Nytte af en Vindmotor er nu naturligvis først og fremmest, at man til enhver Tid er i Stand til at anvende den udviklede Energi. For at fyldestgøre denne Betingelse stillede Ingeniør *Vinding* i Foraaret 1918 den Opgave til Ing. *R. Johs. Jensen* at konstruere en elektrisk Generator, som er i Stand til ved Hjælp af en Vindmotors Energi at fremstille Vekselstrøm af konstant Spænding og konstant Periodetal. Ved Hjælp af en saadan Generator vilde man da blive i Stand til at føre Energien ind i et Højspændingsnet, og alle de Vanskeligheder, som ligger i Anvendelsen af Akkumulatorbatteri og Reservemotor vilde da være undgaaede. Det lykkedes Ing. *R. Johs. Jensen* at angive en Løsning, som forhaabentlig snart vil blive underkastet en nøjere Prøvelse, og endvidere er der flere andre Veje, ad hvilke Tanken kan realiseres.

Idet der saaledes er god Grund til at tro, at den nævnte nødvendige Betingelse vil kunne opfyldes, er der skabt Mulighed for en Udnyttelse af Vindmotorer, som gaar langt videre, end man tidligere havde tænkt sig, og

der er derved skabt et Grundlag for Anvendelsen af Vindmotorer, som medfører Kravet om, at disse Maskiner skal bringes til en saa høj Grad af Ydeevne som muligt, men som tillige giver gode Udsigter for Betydningen af et Arbejde i denne Henseende.

De paa pegede Omstændigheder, paa den ene Side de høje Kulpriser, som fremkalder Efterspørgsel efter hjemlige Energikilder, og paa den anden Side den nye Mulighed for Udnyttelse af Vindenergi, der er skabt gennem de udstrakte Højspændingsanlæg, bidrager hver for sig til at danne det nu eksisterende Grundlag for Udviklingen af Vindmotorer, og jeg har derfor ment, at burde berøre dem her.

Den første af de paa pegede Omstændigheder er en direkte Følge af Krigen og de Vanskeligheder, den har bragt med sig; det samme gælder i mindre Grad for den anden; men i særlig Grad gælder det for de Muligheder, der nu forefindes for en Forbedring af selve Vindmotorens Konstruktion.

Det kunde synes dristigt at optage et Arbejde, som af *la Cour* blev ført til en vis Afslutning, og vi, der nu arbejder derpaa, gør det ogsaa kun ud fra den Overbevisning, at Udsigten til at naa et Fremskridt udelukkende ligger i den Skat af Kundskab, som de senere Aars, og særlig Krigsaarenes, enorme Arbejde paa Aerodynamikens Omraade har bragt. *La Cour* var, som tidligere sagt, en Banebryder, og han var paa dette Omraade forud for sin Tid. Saaledes kan nævnes, at *la Cour's* Beregningsmaade af Vingernes Virkning nu anvendes ved Beregning af Luftsruer men under Navn af Drzewieckis Teori. *La Cour* byggede, i alt Fald som en af de første, en Anstalt til Udførelse af aerodynamiske Undersøgelser. I Sammenligning med de nu eksisterende paa mangfoldig Erfaring hvilende Forsøgslaboratorier var *la Cour's* Indretninger kun smaa og mangelfulde, men Principperne, særlig det, at der anvendes en kunstig Luftstrøm, der paavirker de stillestaaende Forsøgsgenstande, er de samme, som man nu anvender, og som man er naaet til ad lange Omveje over roterende Arme, hvortil Plader o. l. var befæstet, eller Benyttelse af frit Fald — nemlig fra Eiffeltaarnets 2. Etage ca. 95 m over Jorden. Men der er den Forskel mellem *la Cour's* Tid og vor, at den Gang var der kun faa, der arbejdede med disse Problemer, men nu har Videnskab og Praxis sat sine Kræfter ind derpaa, idet Aerodynamiken har faaet sin store praktiske Anvendelse i Flyvemaskinerne, store Pengemidler er stillet til Raadighed, Hæres Krigsheld har for en stor Del beroet paa, at man hurtigt kunde naa til gode Resultater, og dette har ført til, at vi nu ved langt mere om Luftbevægelsernes Love, end



man vidste paa *la Cour's* Tid, og langt mere end det vilde være muligt for en enkelt Mand at udforske. Dette er det Grundlag, hvorpaa vi bygger, og som vi haaber vil kunne føre til nye Fremskridt.

Der er en Lov for Legemers Bevægelse gennem Luft eller Vand, som man først i de senere Aar har faaet rigtig fat paa. Denne Lov angaar den Kraft, som virker paa et Legeme, der bevæger sig gennem en Vædske. Da *la Cour* skulde bestemme en Vindstrøms Tryk paa en plan Flade, tog han til Udgangspunkt Bestemmelsen af Normaltrykket. Under Arbejdets Gang opdagede han at Vindtrykket ikke er vinkelret paa Fladen. Han bestemte da Trykresultantens Vinkel med Fladens Normal og fandt endelig selve Resultantens Størrelse. (Fig. 1.)

Nu gaar man en noget anden Vej, idet man bestemmer Trykkets Komposanter vinkelret paa Vindretningen og i dennes Retning. (Fig. 2.) Forskellen er naturligvis kun formel, idet Resultanten ligesaa godt kan repræsenteres ved det ene Sæt Komposanter som ved det andet; men den nu anvendte Fremgangsmaade svarer mere til Tingenes Natur, særlig ved Legemer, som ikke netop er plane Skiver, og dette er en speciel Anvendelse af den Lov, jeg hentydede til.

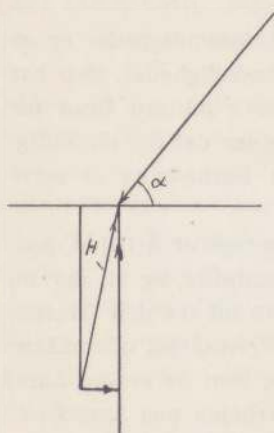


Fig. 1.

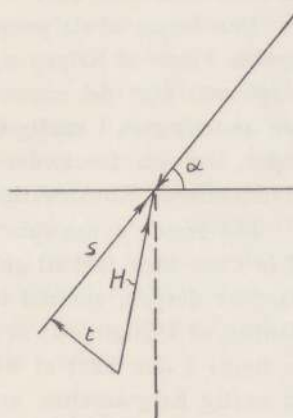


Fig. 2.

Denne Lov, som kun gælder for Bevægelser i fuldkommen flydende Legemer, siger, at naar Bevægelsen finder Sted paa en saadan Maade, at der ikke optræder Hvirvler eller Friktion, men Strømningslinierne overalt følger et i Vædsken værende Legemes Overflade, vil Reaktionen paa Legemet være vinkelret paa Strømningsretningen, og Kraften i Retning af Strømningen vil være Nul. Naar man altsaa opløser Trykresultanten i de nævnte to Komposanter vinkelret paa Strømningsretningen og i dennes Retning, saa vil den sidste Komposant give et Maal for den Afvigelse fra de ideelle Forhold, som finder Sted. Sætningens Rigtighed følger deraf, at da der under de gjorte Forudsætninger ikke finder nogen Energiomsætning Sted  $\therefore$  der udføres intet Arbejde, maa Reaktionen være vinkelret paa Bevægelsesretningen. Man kunde sige, at Sætningens Betingelser, særlig den, at der ikke maa optræde Hvirvler, ikke kan opfyldes, eller at Vædskens Viskositet og dens Gnidning mod Legemets Overflade maa spille en saa stor Rolle, at Loven bliver uden større Interesse. Men man har imidlertid ved Forsøg med Aeroplanvinger af særlige Tværnsnit godtgjort, at de virkelige Bevægelseres Afvigelser fra dem, som kan beregnes ud fra de ved Opstilling af Sæt-

ningen gjorte Forudsætninger, under visse Omstændigheder ikke er af principiel Betydning. De hertil knyttede Forsøg skal omtales noget nærmere. Jeg skal ikke komme ind paa matematiske Udviklinger, men blot nævne, at de opstillede Betingelser svarer til fuldstændig flydende Legemers Bevægelser med Hastigheds-potential. Bevægelser af denne Art — vel at mærke kun todimensionale — er særlig tilgængelige for matematisk Behandling, og det er lykkedes en Russer, *Tchapliguin*, at gennemføre Beregningen fuldstændig for et Profil omtrent som det hosstaaende (Fig. 3), altsaa et Profil, som kan anvendes til en Aeroplanvinge.

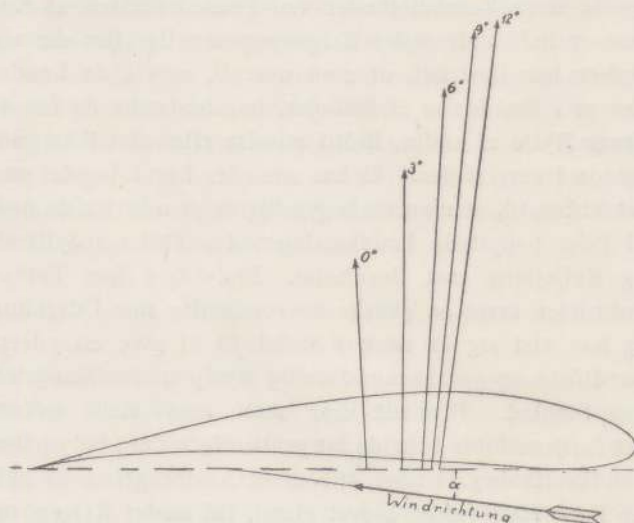


Fig. 3.

*Tchapliguin* kunde altsaa for dette Profil bestemme Trykket vinkelret paa Strømningsretningen — Komposanten i selve Strømningsretningen kan han naturligvis ikke faa fat paa ad denne Vej, da Beregningerne for den fører til Værdien Nul. Endvidere kunde *Tchapliguin*

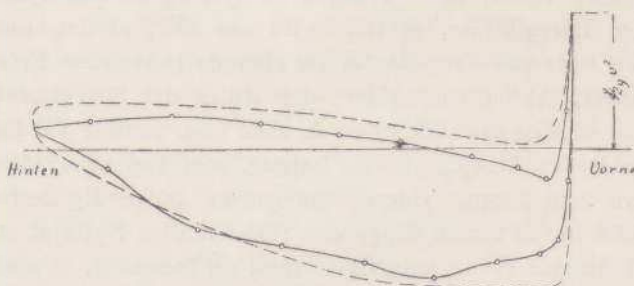


Fig. 4. Indfaldsvinkel  $0^\circ$ .

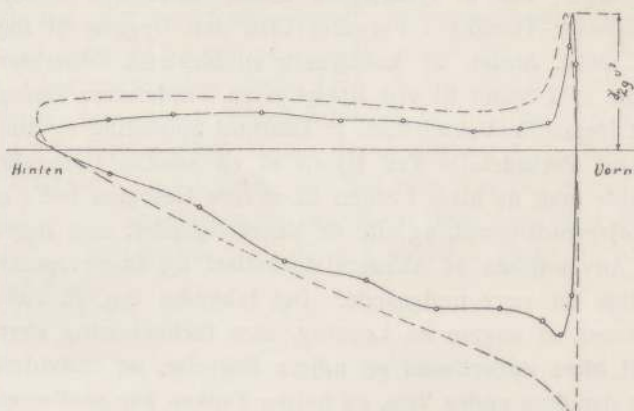


Fig. 5. Indfaldsvinkel  $3^\circ$ .

bestemme Trykfordelingen. Begge disse Resultater er blevet underkastet Kontrol paa Forsøgsanstalten i Göttingen, og man fandt en ret tilfredsstillende Overens-



stemmelse saaledes som de følgende Figurer viser. (Fig 4, 5, 6, 7.)

Disse Billeder viser, hvorledes det statiske Tryk er fordelt paa Tværsnittets konkave og konvekse Flade. Den øverste Del af Kurverne viser Trykket paa den konkave Flade og den underste Trykket paa den konvekse.

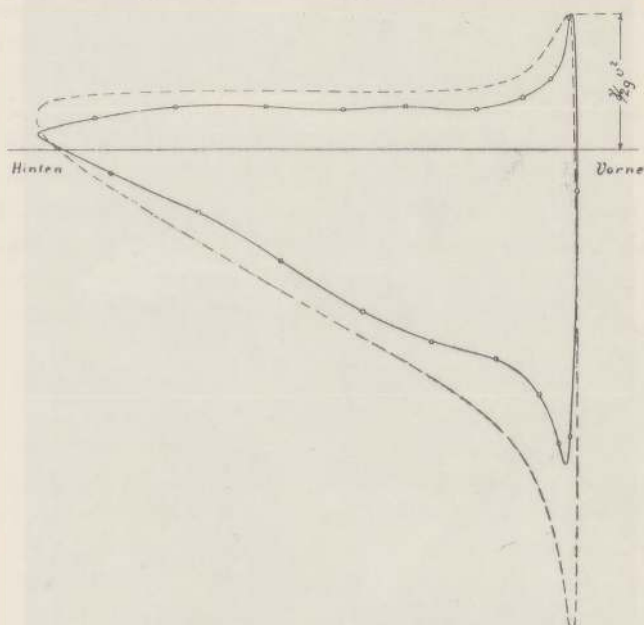


Fig. 6. Indfaldsvinkel 6°.

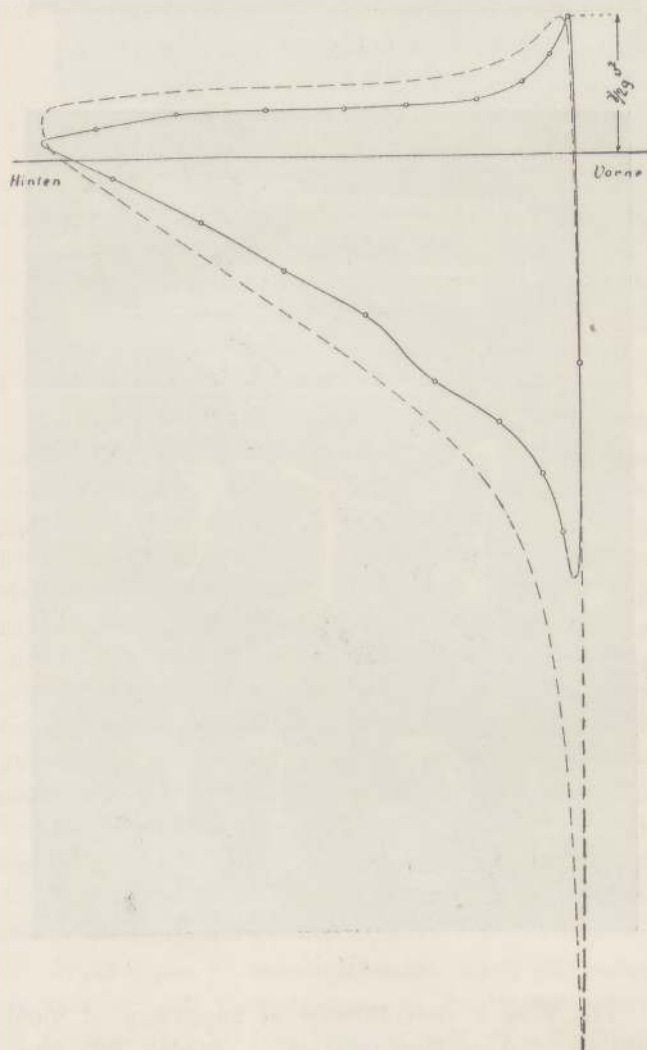


Fig. 7. Indfaldsvinkel 7°.

Under Strømningen er den konkave Flade Forfladen, den konvekse Bagfladen. Trykkene er afsat fra den vandrette Linie, som repræsenterer Atmosfærens Tryk. Over-

tryk er afsat op ad, Undertryk ned ad. De forskellige Kurver svarer til forskellige Værdier af Indfaldsvinkelen, hvorved forstaas Vinkelen mellem Strømningsretningen og den Linie igennem Spidsen, som tangerer den afrundede Forkant. De fuldt optrukne Kurver svarer til Maalingerne, de punkterede til Beregningerne. De maalte Tryk ses at være mindre end de beregnede; men Trykfordelingens Hovedtræk stemmer ikke daarligt med Beregningerne. Kurverne viser klart den interessante Ting, som Ing. Vogt og Ing. Irminger paa et meget tidligt Tidspunkt har godtgjort ved Forsøg, at Sugningen paa Læsiden — altsaa paa den konvekse Side — er langt væsentligere end Overtrykket paa Forsiden. Det samme Forhold gør sig gældende ved alle andre Tværsnitsformer, ikke alene ved saadanne, der giver en tilnærmelsesvis kontinuert Strømning som det her betragtede, men ogsaa ved tynde Flader, Planer, Knækplader, Cylindre. Naar Strømmen i det væsentlige er kontinuert og følger begge Tværsnittets Flader, vil den viste, ejendommelige Trykfordeling bevirke, at Hastigheden er væsentlig større paa Bagsiden af Profilet end paa Forsiden, og dette betyder atter, at det er af største Vigtighed, at der ikke findes Modstandsflader, Fremspring eller lignende paa Bagfladen. Derimod er det af relativt mindre Betydning, om saadanne findes paa Forfladen.

Vil man anvende dette Resultat paa almindelige Møller føres man til at betegne den sædvanlige Konstruktion, hvor Vingefladerne hovedsagelig er anbragt foran Vingearmen, som uheldig. Den sædvanlige Konstruktion forsvares med, at der bag Vingen vil dannes et Lærum hvor Armen kan ligge uden at give Anledning til Modstand af Betydning. Det er dog et Spørgsmaal, om et saadant Læ virkelig eksisterer ved de Indfaldsvinkler, som anvendes i Praxis; thi Forsøgene med plane Flader viser, at først naar Indfaldsvinkelen kommer op over ca. 40° vil Undertrykket paa Bagsiden være jævnt fordelt, et tydeligt Tegn paa, at Lærummet først ved denne store Indfaldsvinkel bliver fuldt dannet. Hvorledes det nu end forholder sig hermed, om man virkelig burde praktisere den ved første Øjekast paradoksale Tanke ved almindelige Møller at lægge Vingebjælken foran Sejlfladen, saa vil de Strømninger, vi her betragter, imidlertid ikke give Anledning til Dannelsen af et saadant Lærum, Strømningen vil følge Bagsiden lige saa vel som Forsiden, og endda vil, som nævnt, Hastigheden være størst langs Bagsiden.

Jeg skal vise nogle Fotografier af Strømninger omkring Legemer af forskellig Form. Strømningerne, som fandt Sted for nogles Vedkommende i Vand og for andre i Luft, blev gjort synlige ved Tilførsel af Mælk henholdsvis Tobaksrøg i en fin Straale; de tilførte mikroskopiske Partikler fulgte Genstandenes Overflade og tillader saaledes Fotografering af Kølvet. Fotografierne fremføres her, fordi de gør det øjensynligt, at Strømningerne i visse Tilfælde nærmer sig stærkt til den tidligere omtalte kontinuerte Type, medens de i andre Tilfælde er synlig diskontinuerte, idet der dog ogsaa i dette Tilfælde, som vi skal se, kan optræde to forskellige Typer.

Fotografierne er tagne paa den engelske Regerings Forskningsinstitut.



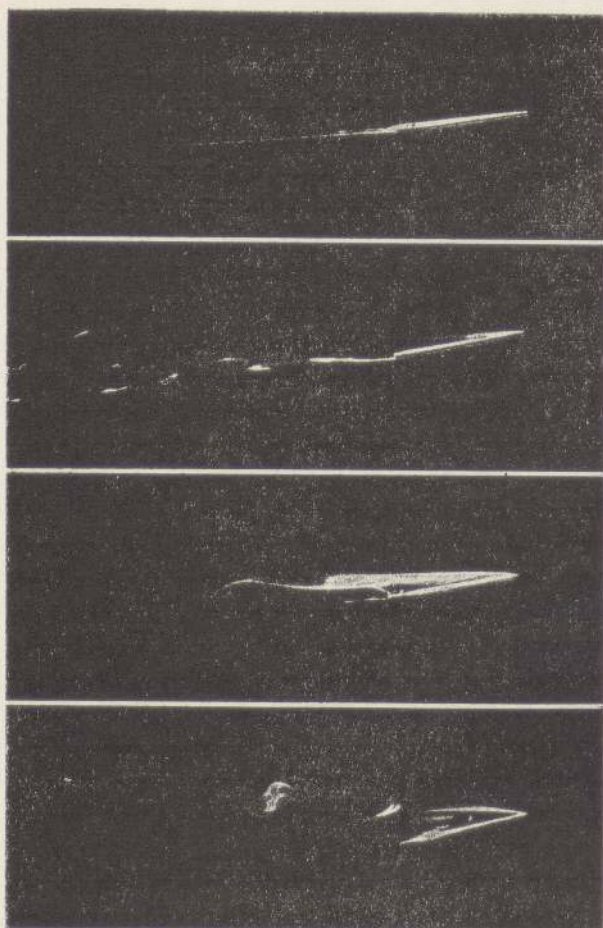


Fig. 8.

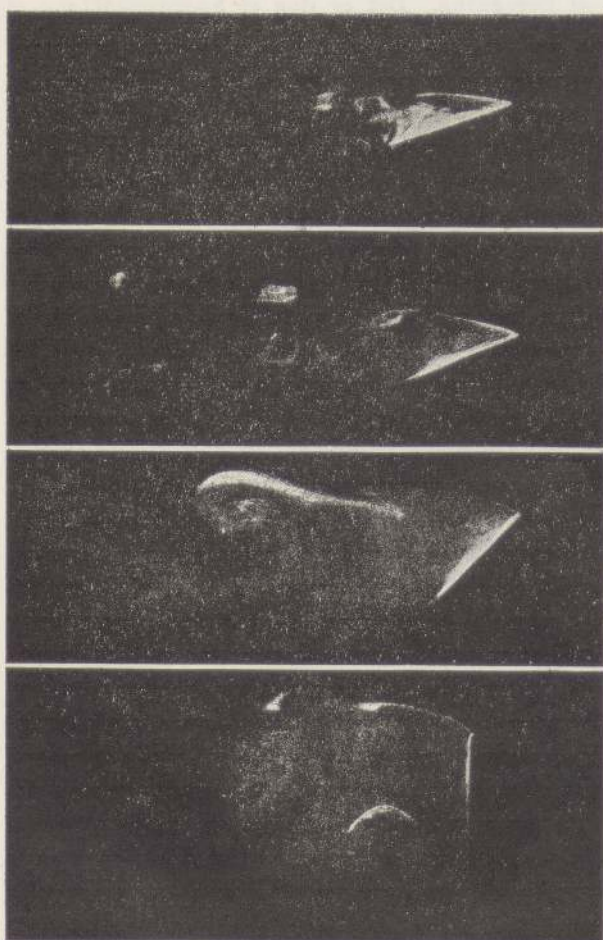


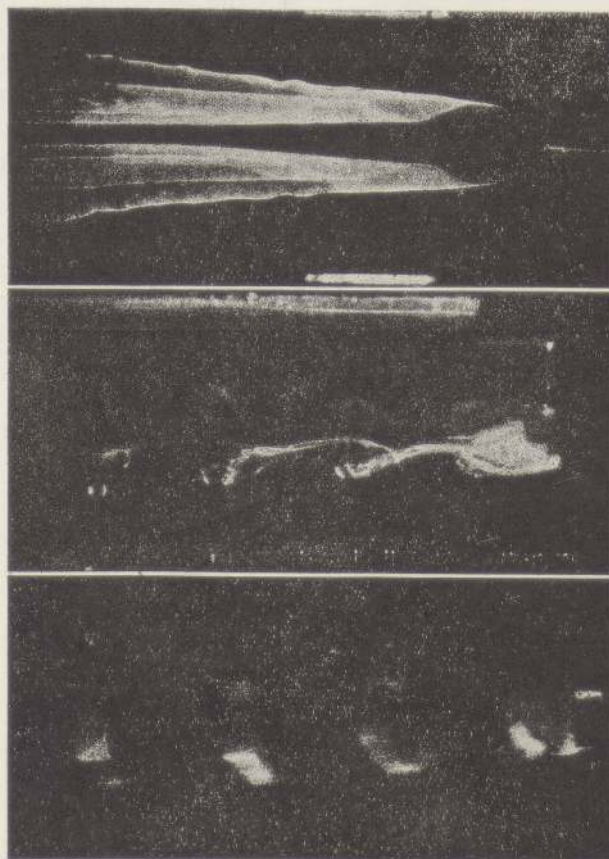
Fig. 9.

9°

10°

12°

15°



lille  
Hastighed

stor  
Hastighed

stor  
Hastighed

Fig. 10.

20°

25°

45°

90°



lille  
Hastighed

stor  
Hastighed

stor  
Hastighed

Fig. 11.

Fig. 8 og 9 viser Billeder af Strømning af Vand forbi en smal og lang rektangulær Plade. Billederne viser Strømningens Udseende ved forskellige Indfaldsvinkler. Indtil 9° er Strømningen meget nær kontinuert, men derefter optræder der Dødrum paa Bagsiden samt Hvirvler i Kølvet. De næste Bil-



leder (Fig. 10, 11- og 12) viser Strømningen forbi en kvadratisk Plade ved en ret stor Indfaldsvinkel dels ved lille og dels ved stor Hastighed. Det første Billede gælder for Vand, det sidste for Luft. Ved lille Hastighed er Strømningen stationær om end diskontinuert; men ved stor Hastighed er den ikke mere stationær, og der udsendes Hvirvelringe i konstant Periode. Endelig viser de sidste Billeder, hvorledes Legemets Form kan forandre Strømningens Type. De korte og butte Tværnsnit giver en turbulent Strømning med stor Modstand, de aflange Legemer derimod en Strømning, der i høj Grad nærmer sig til at være kontinuert. Til Ændringen i Strømningens Art svarer en Forandring af Modstanden; naar denne nemlig for den sidste sættes lig 1, vil den for den første være 3,5.

derfor anstillet et meget stort Antal Forsøg til dens nøjagtige Bestemmelse for en Mængde forskellige Tværnsnit. Hertil skal jeg imidlertid senere komme tilbage.

Allerede *la Cour* var klar over, at man for at gennemføre en Beregning af en Vindmotor maatte gaa ud fra Maalinger af Vindens Tryk paa Flader af simplere Form end Møllevingerne, og at man saa bag efter kunde beregne Trykkene paa disse ved at tænke sig dem delt i Elementarflader ved passende Snit. Ved denne Beregning maatte man naturligvis tage Hensyn til Vingebladens Smig. Paa denne Maade kommer man til et simpelt Formelsystem, som jeg nedenfor skal anføre, idet det stadig danner Grundlaget for Beregningerne, omend man ved de moderne Beregninger modificerer det noget hvad jeg senere skal omtale.

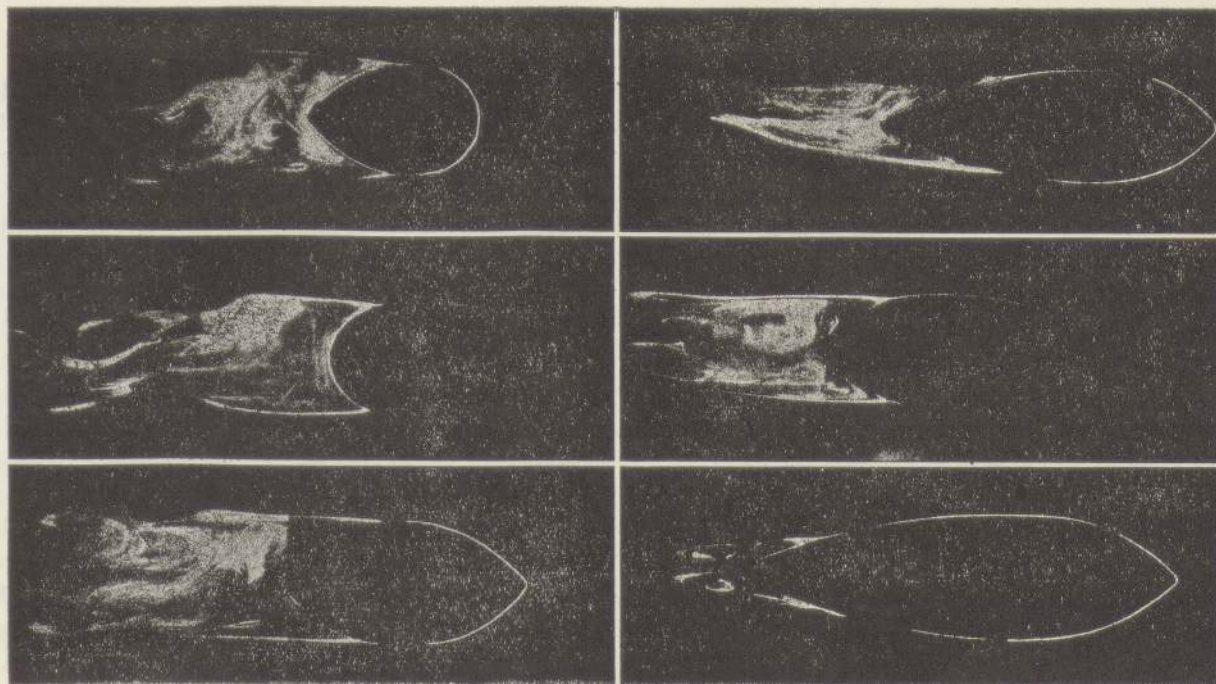


Fig. 12.

De anførte Forsøgsresultater viser, som allerede nævnt, at man ved at give Legemernes Tværnsnit en passende Form kan opnaa, at den virkelige Strømning nærmer sig stærkt til den ideelle, hvor Strømningslinierne følger Overfladen, og hvor der ikke optræder Hvirvler, som giver Anledning til Energital. Tillige har nøjagtige Bestemmelser af det optrædende Tryk vist, at dette ved visse Tværnsnitsformer og ved den gunstigste Indfaldsvinkel, nærmer sig stærkt til at være vinkelret paa Strømningsretningen. Ved de bedste Aero-planprofiler beløber Afvigelsen sig kun til  $2^{\circ},5$ ; medens den ved de bedste tynde Bueflader er omtrent  $5^{\circ}$ ; ved en Knækplade — omtrent som den af *la Cour* anvendte — er Vinkelen i gunstigste Tilfælde  $5^{\circ},4$  og ved en plan Flade  $8^{\circ},7$ . Den nævnte Vinkel varierer meget stærkt med Indfaldsvinkelen.

Trykket paa Fladen vil saaledes aldrig staa nøjagtig vinkelret paa Vindretningen, og det vil altsaa have en Komposant i Vindens Retning, som yder Modstand mod Bevægelsen. Størrelsen af denne Komposant, eller særlig af Trykkets Vinkel med Normalen til Vindretningen, har en afgørende Betydning for et Tværnsnits Anvendelighed til Bæreflade for en Aero-plan, og der er

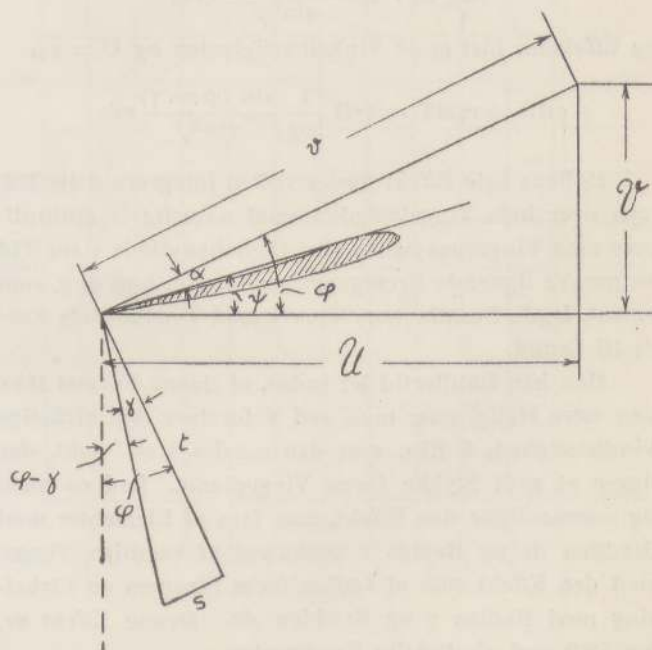


Fig. 13.

Fig. 13 viser et Aero-planprofil anbragt saaledes, at det danner Vinkelen  $\phi$  med Vingeplanet  $\alpha$ : en Plan vinkelret paa Omdrejningsaksen. Den resulterende Vind,



med Hastigheden  $v$ , danner Vinkelen  $\varphi$  med Vingeplanet, idet  $\varphi$  bestemmes ved

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{v}{U},$$

hvor  $V$  er den Hastighed, med hvilken Vinden strømmer ind mod Vingeplanet. Resultanten af Trykket er paa Figuren for Simpelheds Skyld tegnet ved Enden af Tværnittet, medens den i Virkeligheden naturligvis virker nærmere ved Forkanten.

Resultantens Vinkel med Normalen til den resulterende Vinds Retning kaldes  $\gamma$ , og Resultanten vil da med Normalen til Vingeplanet danne Vinkelen  $\varphi - \gamma$ .

Ved Forsøgene har det vist sig, at Trykket paa en given Flade er proportionalt med Kvadratet paa Vindhastigheden. Afvigelse fra denne Lov er kun fundet for enkelte Aeroplanflader af ganske særlige Former, og ved Beregningen af Aeroplanpropellere gaar man altid ud fra, at Loven er gyldig. Størrelsen af Trykket pr.  $m^2$  Areal og 1 m Vindhastighed kaldes  $H$ .  $H$  vil afhænge af Tværnittets Form og af Indfaldsvinkelen  $\alpha$  og det samme er Tilfældet med  $\gamma$ . Endvidere er  $H$  ikke helt uafhængig af Fladens absolute Størrelse. Denne sidste Omstændighed bereder store Vanskeligheder i Praksis, idet den giver Anledning til, at Resultater fra Modelforsøg ikke umiddelbart kan overføres paa Virkeligheden. Længden af Tværnittets Korde betegnes ved  $c$ . Betragtes et Vingeelement, som i Retning af Radius har Længden  $dr$ , bliver Trykkets Komposant i Retning af Vingeplanet

$$dT = V^2 H \frac{\sin(\varphi - \gamma) c}{\sin^2 \varphi} dr$$

og Aksialtrykket

$$dA = V^2 H \frac{\cos(\varphi - \gamma)}{\sin^2 \varphi} c dr.$$

Drejningsmomentet bliver

$$rdT = V^2 H \frac{\sin(\varphi - \gamma)}{\sin^2 \varphi} c r dr$$

og Effekten, idet  $\omega$  er Vinkelhastigheden og  $U = r\omega$

$$dE = r\omega dT = V^2 H \frac{1}{\operatorname{tg} \varphi} \frac{\sin(\varphi - \gamma)}{\sin^2 \varphi} c dr.$$

Møllens hele Effekt findes ved at integrere dette Udtryk over hele Vingelængden samt naturligvis multiplicere med Vingernes Antal. *La Cour* benyttede i sin Tid en ganske lignende Fremgangsmaade, idet han dog, som nævnt, lagde Resultantens Vinkel med Tværnittets Korde til Grund.

Man kan imidlertid let indse, at denne Formel ikke kan være rigtig, naar man ved  $V$  forstaar den virkelige Vindhastighed, f. Eks. som den maales i et Punkt, der ligger et godt Stykke foran Vingeplanet. Lad os nemlig sammenligne den Effekt, som faas af Elementer med Bredden  $dr$  og Radius  $r$  udskaaret af samtlige Vinger med den Effekt som af Luften føres igennem en Cirkelring med Radius  $r$  og Bredden  $dr$ . Denne Effekt er, for Luft ved almindelig Temperatur

$$\frac{1}{18} V^3 2\pi r dr,$$

og sætter man  $\lambda = \frac{Nc}{2\pi r}$ , hvor  $N$  er Vingernes Antal,

saa at  $\lambda$  altsaa betegner det, man kan kalde Udfyldningen, bliver det søgte Forhold — Virkningsgraden — som vi vil kalde  $\eta$ , lig

$$\eta = 16H \frac{\sin(\varphi - \gamma)}{\sin^2 \varphi \operatorname{tg} \varphi} \lambda.$$

Herefter skulde man kunne bringe  $\eta$  til at antage en vilkaarlig stor Værdi ved at vælge  $\lambda$  paa passende Maade; men dette er aabenbart absurd. Tilmed er det indlysende, at Virkningen af Møllen maa blive daarlig, dersom man udfylder Vingeplanet alt for stærkt. Det er herefter klart, at de angivne simple Formler maa korrigeres, eller specielt, at den i Formlerne indgaaende Vindhastighed  $V$ , som var den Hastighed, hvormed Vinden strømmer ind paa Vingeplanet, maa være mindre end Vindhastigheden maalt i betydelig Afstand foran Møllen.

Ved Luftskruer gør der sig ganske lignende Forhold gældende, og man har herover anstillet meget omfattende Undersøgelser, som har ført til ret tilfredsstillende Resultater. Anvender man disse Resultater paa Vindmotorernes Teori kommer man uden om den paa pegede Vanskelighed, og der er saaledes Grund til at antage, at Undersøgelserne i denne Retning over Luftskruer ogsaa vil kunne finde Anvendelse paa Vindmotorerne, omend man naturligvis maa være forberedt paa, at der kan komme Afvigelse. I øvrigt maa det naturligvis erindres, at hele Beregningsmaaden er af en ret empirisk Karakter. Før jeg gaar over til at omtale denne moderne Teori, skal jeg imidlertid nævne, at *la Cour* var ganske klar over, at de simple Formler, som ogsaa han benyttede, maatte korrigeres under Hensyn til Udfyldningen. *La Cour* foretog Forsøg herover og viste, hvilken Indflydelse det har, om man forsyner en Mølle med 2, 4, 6 eller flere Vinger. *La Cour* lagde Effekten pr.  $m^2$  Vingeblade og 1 m Vindhastighed til Grund, medens jeg har foretrukket at tale om Virkningsgraden defineret som angivet ovenfor; men dette er naturligvis i Hovedsagen kun en formel Forskel. Af stor Betydning er det imidlertid, at *la Cour*, dersom jeg forstaar det paagældende Sted — Forsøgsmøllen p. 55 — rigtigt, mente, at Nødvendigheden af at foretage de omtalte Korrektioner udelukkende skyldes den Omstændighed, at Vingerne virker paa hinanden saaledes, at Strømningen omkring en Vinge paavirkes paa uheldig Maade af Nabovingerne. Nogen Virkning af denne Art er rimeligvis til Stede; men alt taler for, at Korrektionerne i første Linie hidrører fra den Omstændighed, at Møllen er et Apparat, som berører Luften Energi. Dette er i Analogi med den nu fulgte Teori for Luftpropellere, der ikke bygger paa Vingernes Virkning paa hinanden, men gaar ud fra Betragtningen af en Luftpropeller som et Apparat, der tilfører Luften Energi. Betragtningen af Møllen som et Apparat, der berører Luften Energi, er i øvrigt heller ikke *la Cour* fremmed, idet han taler om at der er forholdsvis Læ bag en Mølle.

Lad os først betragte en Luftpropeller. En Del af den Energi, som Luftstrømmen modtager fra Skruen, vil blive anvendt til at give Luftstrømmen en forøget aksial Hastighed, en anden Del bevirker, at Luftstrømmen kommer i Rotation, og endelig vil naturligvis en Del gaa tabt ved Friktion og Hvirveldannelse.



For at klargøre Hovedpunktet, vil vi holde os til den aksiale Hastighed i Forhold til Skruens Plan (se Fig. 14).

I betydelig Afstand foran Skruen vil den aksiale Hastighed have en konstant Værdi, som vi vil kalde  $V$ . I nogen Afstand bag Skruen vil der indenfor en Omdrejningsflade, som begrænser den Luftstrøm, der har passeret Skruens Vingespidscirkel, herske en større aksial Hastighed, som vi vil betegne med  $(1+b)V$ . Ved Forsøg er det paavist, at en Del af Hastighedsfor-

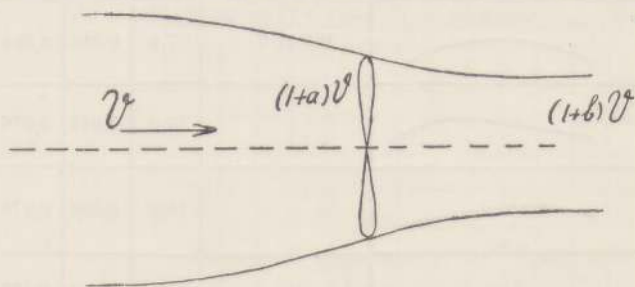


Fig. 14.

øgelsen allerede vil være opnaaet i Skruens Plan, lad Hastigheden her være betegnet ved  $(1+a)V$ . Dette betyder, at den indsugede Luftstrøm i stor Afstand foran Skruens Plan vil have en større Diameter end Vingespidscirklen, og at den afgaaende Luftstrøm vil have en mindre Diameter end denne Cirkel. I ikke for stor Afstand fra Skruen viser Strømmen sig at være nogenlunde vel begrænset, om end der naturligvis ikke er nogen ganske skarp Overgangsflade. Størrelserne af de nævnte Hastigheder lader sig bestemme ved Maalinger med Pitotrør.

Luftstrømmen igennem Skruen faar en Begrænsning som vist i Fig. 14. Ved Passagen igennem Skruen faar Luftens Tryk en Forøgelse, som lader sig beregne, og som, summeret for hele Skruen, viser sig at give et samlet Aksialtryk, der stemmer med det direkte maalte.

Jeg skal ikke komme nærmere ind paa Detaillerne af denne Teori for Luftskruer eller paa de yderligere Forudsætninger, man har gjort, men blot meddele, at man ad denne Vej er blevet i Stand til at beregne Skrueerne med større Nøjagtighed end tidligere, samt at Udfyldningen viser sig at spille en vigtig Rolle.

Anvender man nu den samme Betragtningssmaade paa en Vindmotor, vil Forholdene paa en vis Maade vise sig at være omvendte. (Fig. 15.) Idet Vindmotoren jo nemlig berører Luften Energi, vil Vindhastigheden bag

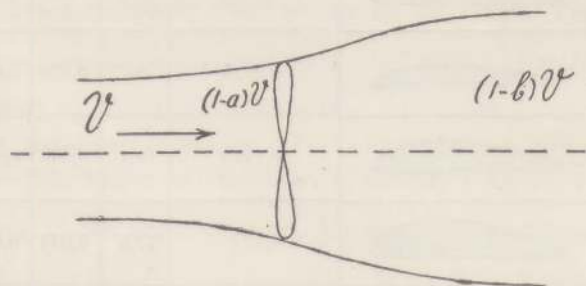


Fig. 15.

Vingeplanet være mindre end i en betydelig Afstand foran dette, og en Del af Hastighedsformindskelsen maa antages at være indtraadt allerede, naar Strømmen

træffer Vingeplanet. Begrænsningen af Strømmen faar altsaa i store Træk det i Fig. 15 viste Udseende, og man føres derfor til det vigtige Resultat, at den Luftstrøm, som afgiver sin Energi til Vindmotoren, vil, maalt i betydelig Afstand foran Vingeplanet, have mindre Diameter end Vingespidscirklen. Vi har hidtil kun talt om den aksiale Hastighed; men foruden denne vil der ogsaa optræde en vis Rotationshastighed, og en Del af denne vil maaske være erhvervet allerede, naar Luften træffer Vingeplanet, hvorved den relative Rotationshastighed paa en vilkaarlig Radius vil blive større end Periferihastigheden paa det paagældende Sted. Ved disse to Virkninger vil det tidligere meddelte, simple Hastighedsdiagram blive væsentlig modificeret, idet Indfaldsvinkelen vil blive mindre. Herpaa skal jeg imidlertid ikke gaa ind, da det vilde føre for vidt, og ligeledes maa jeg lade de øvrige Detailler ved Teorien hvile, kun følgende skal meddeles.

Virkningsgraden viser sig at blive afhængig af Udfyldningen paa en saadan Maade, at den, i Modsætning til hvad der er Tilfældet efter de simple Formler, har en Maksimumsværdi for en vis Udfyldning. Benytter man denne Værdi af Udfyldningen og søger dernæst den Værdi af Indfaldsvinklen  $\alpha$ , som giver den største Virkningsgrad, viser det sig, at denne Værdi falder sammen med den, som for det benyttede Tværsnit gør  $\gamma$  til Minimum. For et enkelt Element vil den maksimale Værdi af Virkningsgraden ikke afhænge af Resultantens

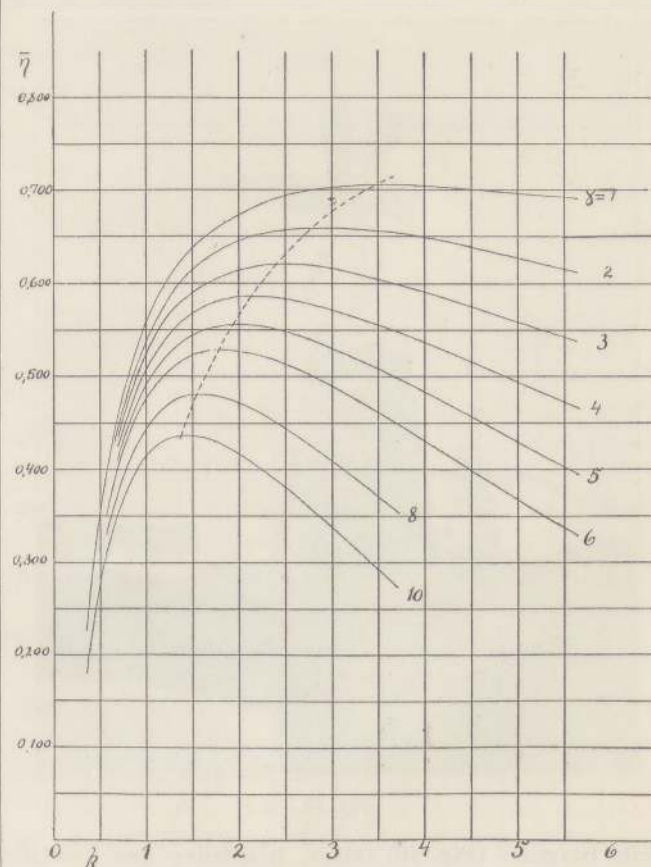


Fig. 16.

absolute Værdi. Derimod vil naturligvis den gunstigste Vingebredde afhænge af Resultantens Værdi. Har man saaledes bestemt den gunstigste Virkningsgrad for det



enkelte Element, kan man søge Maksimum af Virkningsgraden for det hele Vingesystem. Det gælder da om at bestemme den gunstigste Værdi af Forholdet mellem Vingspidshastigheden og Vindhastigheden maalt i en betydelig Afstand foran Vingeplanet. Det ovenstaa-

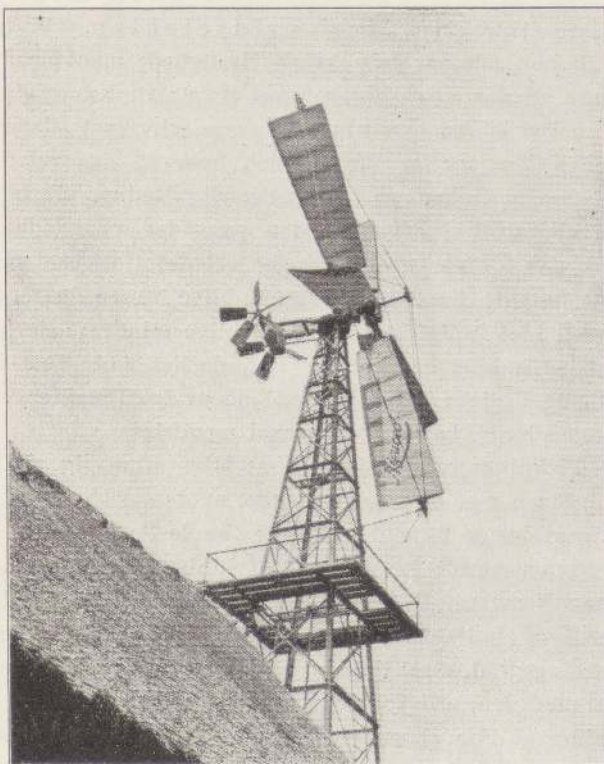
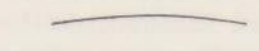
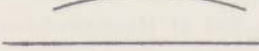
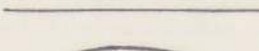
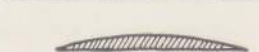
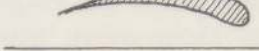
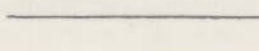
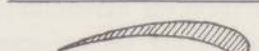
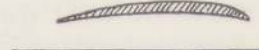
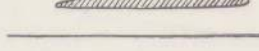
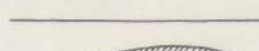
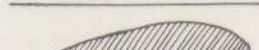
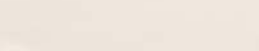


Fig. 17.



Fig. 18.

ende Diagram (Fig. 16) viser, hvorledes den samlede Virkningsgrad varierer med dette Forhold, som kaldes  $k$ , under Forudsætning af, at Virkningsgraden for de enkelte Elementer er maksimal. I Følge Virkningsgradens Definition er den lig med Forholdet mellem Møllens Effekt og Effekten i en Luftstrøm, hvis Tværsnit er Vingspidscirklen.

| Tværsnit                                                                             |                     | Maksm.<br>af $\frac{t}{s}$ | Tilsv. $t$ | Maksm.<br>af $t$ |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------|------------|------------------|
|    | Plan $90 \times 15$ | 6,5                        | 0,022      | 0,051            |
|    | Pil 1 : 27          | 12,1                       | 0,021      | 0,065            |
|    | Pil 1 : 13,5        | 10,6                       | 0,040      | 0,070            |
|    | Pil 1 : 7           | 7,4                        | 0,069      | 0,094            |
|    |                     | 10,8                       | 0,043      | 0,076            |
|    |                     | 10,6                       | 0,038      | 0,079            |
|    |                     | 14,0                       | 0,018      | 0,058            |
|   |                     | 11,2                       | 0,035      | 0,075            |
|  |                     | 7,8                        | 0,058      | 0,084            |
|  | Wright              | 10,4                       | 0,029      | 0,069            |
|  | Voisin              | 13,9                       | 0,020      | 0,062            |
|  | Farman              | 15,4                       | 0,015      | 0,060            |
|  | Blériot             | 9,1                        | 0,035      | 0,077            |
|  | do.                 | 13,6                       | 0,030      | 0,068            |
|  | R A. F. 6           | 17,2                       | 0,030      | 0,084            |
|  |                     | 16,4                       | 0,050      | 0,095            |
|  |                     | 16,4                       | 0,045      | 0,080            |
|  | 0,0817              | 22                         | 0,030      | 0,077            |
|  | 0,0815              | 21                         | 0,030      | 0,076            |
|  | 0,1015              | 19,7                       | 0,035      | 0,077            |
|  | 0,127               | 17,5                       | 0,041      | 0,097            |
|  | 0,188               | 14,7                       | 0,046      | 0,099            |
|  | 0,25                | 14,2                       | 0,040      | 0,075            |
|  | Tchapliguin         | 23                         | 0,054      | 0,079            |



Til hver Værdi af  $\gamma$  hører der en særlig Kurve, og man ser, at Værdien af  $\gamma$  har en meget stor Indflydelse paa Virkningsgraden. Endvidere ser man, at naar  $\gamma$  er meget lille, vil det være muligt at konstruere Vindmotorer med omtrent maksimal Virkningsgrad for meget forskellige Værdier af  $k$ , man kan altsaa konstruere baade hurtiggaaende og langsomtgaaende Møller med god Virkningsgrad. Ved større Værdier af  $\gamma$  er det gunstigste  $k$  langt mere udpræget.

den tilsvarende Værdi af  $t$ . Ogsaa Maksimalværdien af  $t$  varierer stærkt men dog knapt saa meget som de førstnævnte Størrelser.

Først bemærkes, at de tynde Profiler — Plan, Cylinderflade, Knækplade — viser sig at være de egentlige Aerofoils underlegne. Det bedste tynde Profil er formet efter en Cirkelbue, for hvilken Forholdet mellem Kor- den og Pilen er lig med 13,5. For *la Cour's* Bueflade var dette Forhold lig med 11, altsaa meget nær den an-

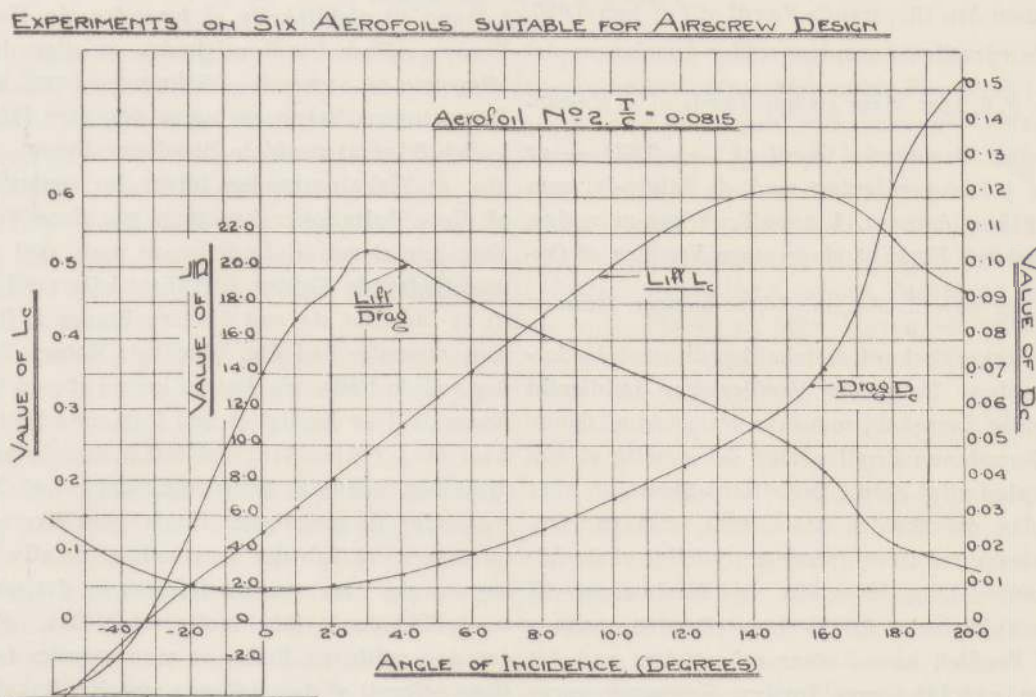


Fig. 19.

Fra den saaledes fundne Virkningsgrad maa man naturligvis trække Modstande mod Konstruktionsdelene, der tjener til at støtte Vingerne. Disse Modstande kan imidlertid formindskes meget ved at lægge Vingearmen inden i Vingens Tværsnit og iøvrigt ved at indrette sig paa praktisk Maade. De omstaaende Fotografier, Fig. 17 og 18, viser Møller af denne Art, af hvilke særlig den sidste har en overordentlig ringe Modstand. Opmærksomheden henledes særlig paa, at Vingernes Bagsider er ganske fri for Modstande.

Idet det saaledes viser sig, at Minimalværdien af Vinkelen  $\gamma$  er af meget stor Betydning ved Bedømmelsen af et Tværsnits Anvendelighed, vil det være rimeligt at give en Sammenstilling af forskellige Tværsnits Egen-skaber.

I den vedføjede Tabel er der for de enkelte Tvær-snit opgivet Maksimalværdien af Forholdet  $\frac{t}{s}$  mellem Opdrift og Modstand, hvilket Forhold aabenbart er lig med Maksimalværdien af  $\cot \gamma$ . Endvidere er der an-givet den Værdi af Opdriften  $t$ , udtrykt i  $\text{kg/m}^2$ , som svarer til den Indfaldsvinkel, der gør  $\frac{t}{s}$  til Maksimum. Endelig er Maksimalværdien af  $t$  opført i sidste Kolonne, ligeledes i  $\text{kg/m}^2$ . Tabellen viser den store Variation, som hersker med Hensyn til Maksimum af  $\frac{t}{s}$  for de forskellige Tværsnitsformer og ligeledes med Hensyn til

EXPERIMENTS ON SIX AEROFOILS SUITABLE FOR  
AIRSCREW DESIGN.

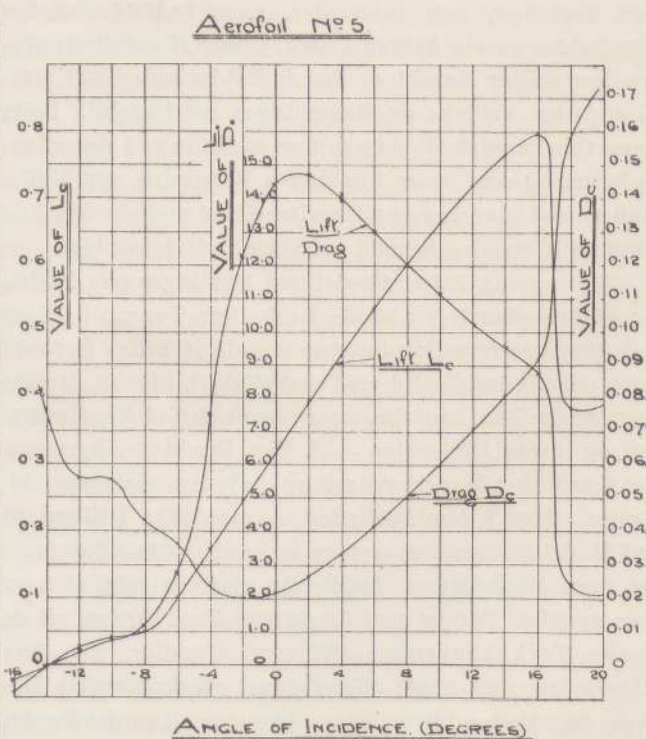


Fig. 20.



førte Værdi. Dette Profil har Maksimum af  $\frac{t}{s}$  lig 10,6 og tilsvarende Værdi af  $t$  lig 0.040. Det følgende Profil, som ligeledes er formet efter en Cirkelbue men med Pilforholdet 7, har Maksimum af  $\frac{t}{s}$  lig 7,4, men den tilsvarende Værdi af  $t$  er større end for det foregaaende nemlig lig 0,069. Voisin-Fladen, som ligner *la Cour's* Knækplade giver en højere Værdi for Maksimum af  $\frac{t}{s}$  nemlig 13,9; men den tilsvarende Værdi af  $t$  er kun 0,020.

Blandt de egentlige Aeroplanprofiler fremhæves det engelske R. A. F. 6, som viser en høj Værdi af  $\frac{t}{s}$  Maksim. nemlig 17,2, den tilsvarende Værdi af  $t$  — 0,030 — er dog kun lille i Sammenligning med de følgende, som gaar op til 0,045 og derover. I store Træk kan man sige, at Profiler med tyk Forkant giver store Værdier af Opdriften og tillige høje  $\frac{t}{s}$  Maksim. Dette hænger sammen med, at den tykke Forkant fremkalder et stort Undertryk paa Bagsiden. De tykke Profiler har imidlertid en mindre heldig Egenskab, som ikke fremgaar af denne Oversigt; ved saadanne Profiler sker der nemlig et meget stærkt og pludseligt Fald i Opdriftens Størrelse, naar Indfaldsvinkelen overskrider den Værdi, som gør Opdriften til Maksimum. Dette fremgaar tydeligt af de følgende Diagrammer (Fig. 19 og 20). Det første svarer til et Profil, hvis Tykkelse er 0,0815 Gange Korden, medens Tykkelsen af Profilet, hvis Kurver er gengivet ved det sidste Diagram, er 0,188 Gange Korden. Kurverne svarer til henholdsvis Opdriften (Lift), Modstanden (Drag) og Forholdet mellem disse. Indfaldsvinkelen er taget til Abscisse, medens Ordinaterne for »Lift« og »Drag«s Vedkommende er de saakaldte absolute Koefficienter, paa hvis Definition der dog ikke her er Grund til at gaa nærmere ind. Den store Forandring i Loven for Opdriftens Variation, som indtræder, naar Indfaldsvinkelen overskrider en vis, kritisk Værdi, svarer til, at Strømningen her skifter Karakter. For Indfaldsvinkler lidt større end den kritiske er Strømningen ret instabil. Dette er en Omstændighed, som spiller en Rolle ved Aeroplanfladerne, og som ogsaa har nogen Betydning ved Møllevinger, idet man her, under visse Omstændigheder, kan komme til at arbejde med ret store Indfaldsvinkler.

De angivne Tal er fundet ved Maalinger paa Modeller af Aeroplanvinger af de forskellige Tværnit. Naar man skal overføre Resultaterne paa de virkelige Forhold viser der sig imidlertid en Vanskelighed, idet en direkte Overførelse kun kan ske, naar Produktet af Vindhastighed og lineær Dimension — f. Eks. Bredde — har samme Værdi for Modelforsøget og ved den virkelige Udførelse. Men i Almindelighed er man ikke i Stand til ved Modelforsøgene at opnaa de hertil nødvendige, meget store Hastigheder. Imidlertid viser det sig, at naar man anstiller Forsøg med forskellige Hastigheder, vil de maalte Tryk konvergere til Grænseværdier, som kan blive meget nær naaet allerede ved overkommelige Hastigheder. Fejlen bliver altsaa ikke stor. Kun det Punkt, hvor Bevægelsen slaar over, altsaa det Punkt, hvor Drivtrykket har sin største Værdi, kan være meget afhængigt af den benyttede Vindhastighed og Modellens Skala;

men dette Punkt spiller ingen Rolle for Værdien af den maksimale Virkningsgrad.

Jeg har i det foregaaende udelukkende betragtet Vindmotorer, som bliver paavirket af en jævn Vind. I Virkeligheden er Vinden jo imidlertid i høj Grad pulserende særlig i Nærheden af Bygninger e. l.; ved Havet er den langt jævnere. Virkningen af Pulsationer vil være den, at Størrelsen af  $k$ : Forholdet mellem Vingespidsastigheden og den virkelige Vindhastighed, stadig vil svinge, idet Møllen paa Grund af sin Inerti ikke er i Stand til øjeblikkelig at forandre sin Hastighed efter Vinden. Naar Vindhastigheden er stigende vil  $k$  være aftagende og omvendt. Virkningen heraf kan følges ad Beregningens Vej; men jeg er desværre ikke i Stand til i Øjeblikket at meddele Resultater herom. For at undgaa, at Virkningsgraden bliver for ugunstigt paavirket af disse Pulsationer kan man gaa flere Veje. Ingeniør *Vogt* har slaaet til Lyd for, at man skal anvende Sejl med fjedrende Skøder, idet disse lettere vil være i Stand til at indstille sig end tungere Flader f. Eks. saadanne som anvendes ved Ing. *Vinding's* Motor. Tilmed skulde der ved de fjedrende Skøder kunne ske en Opsamling af Energi. Hvor hurtigt et Sejl formaar at indstille sig, og hvor lang Tid en Vinge af fast Materiale behøver for at dreje sig, ligeledes hvor fuldkomment et Sejl vil stille sig under de gunstigste Vinkler paa hvert enkelt Sted, og hvor stort Tab der faas ved, at en stiv Vinge drejer sig om sin Arm som en Helhed, er det paa det nuværende Tidspunkt ikke muligt at afgøre. For Sejlet vil det dog spille en Rolle, at man maaske faar en ugunstigere Værdi af den tidligere omtalte Vinkel  $\gamma$ ; men herpaa kan der muligvis bødes, hvis det lader sig gennemføre, som Ing. *Vogt* har foreslaaet, at lægge Sejlet uden om Vingearmen. Jeg for mit Vedkommende er af den Mening, at man ved Hjælp af de stive, drejelige Vinger med Tværnit af Aerofoilform vil være i Stand til, ganske vist gennem et betydeligt Beregnings- og Forsøgsarbejde, at naa til overordentlig gode Resultater. Herved støtter jeg mig blandt andet paa en Række foreløbige Forsøg med en Mølle af denne Art. Disse Forsøg kan ikke meddeles i Øjeblikket, da Forsøgsteknikken, som er ganske overordentlig vanskelig, ikke er videnskabeligt tilfredsstillende endnu.

Jeg haaber ved mit Foredrag at have gjort det klart, at der i det store Materiale vedrørende Luftens Bevægelse, som er samlet paa de store Forskningsinstitutter, ligger uhyre meget, som kan nyttiggøres for Konstruktionen af Vindmotorer, og at der saaledes findes en Basis, ud fra hvilken man tør haabe at kunne naa til nye Fremskridt. Imidlertid vil der staa mange Opgaver tilbage, som er karakteristiske for Vindmotorerne, og disse Opgaver vil til Dels kræve nye Forsøg. Det er min Tro, at Vindkraften vil komme til at spille en betydelig Rolle i Fremtiden, særlig her i Landet; men der er langt igen, før vi kan bygge de store Enheder, hvortil man rimeligvis vil komme, og der skal høstes mangfoldige Erfaringer forinden. Arbejdet vilde kunne støttes væsentligt, hvis man her i Landet raadede over et veludrustet aerodynamisk Laboratorium, og man maa haabe, at et saadant kan blive oprettet i en ikke for fjern Fremtid. Dette vilde være en værdig Fortsættelse af *la Cour's* Arbejde for Udnyttelsen af den danske Blæst.



## Danske Bidrag til Telefonkablers Teori og Konstruktion.

Af Telegrafingeniør S. P. Madsen.

Det Emne »Danske Bidrag til Telefonkablers Teori og Konstruktion«, som Foredragsudvalget for Ørsted-Mødet har gjort mig den Ære at anmode om at referere ved dette Møde, drejer sig for en stor Del om Kabler med forhøjet, jævnt fordelt Selvinduktion.

Jeg skal først kort omtale de væsentligste af de Arbejder, der gik forud dette Spørgsmaal vedrørende, saavel i Udlandet som her i Landet, før det fandt sin Løsning i Krarup-Kablerne.

Telefonen blev som bekendt opfundet i Aaret 1876. Efterhaanden som Benyttelsen af Telefonen bredte sig i Byerne, kom Kravet frem om at telefonere mellem Byerne, om at telefonere paa større Afstande, og dermed kom Diskussionen frem om Muligheden heraf. Udsigterne var ikke store. Man benyttede jo til at begynde med Jærnlodninger, Kobberet var et for blødt Materiale, Luftledninger af Kobber kunde ikke bære deres egen Vægt (først senere kom de haardtrukne Kobberledninger); endvidere benyttede man Enkeltledninger og havde den dermed forbundne Induktion mellem Ledningerne til Gene for Telefoneringen. Desuden var det paa den Tid en almindelig Antagelse, at Selvinduktion var en for en Telefonledning saavel som for en Telegrafledning skadelig Egenskab, og Aarsagen til at denne Opfattelse blev almindelig, skyldtes vel nok de daarlige Resultater, man havde fra Telefoneringen paa Jærnlodninger, som jo har stor Selvinduktion. Man vidste, at en Lednings eller et Apparats Modstand paa Grund af Selvinduktion er betydelig større for et momentant Strømskød, end for en konstant ensrettet Strøm, og da Telefonstrømmene jo er hurtigt varierende Strømme, sluttede man, at en Lednings Selvinduktion maatte virke skadelig for Telefoneringen. Man gik endvidere ud fra, at Lord Kelvins Formel for Telegraferingen gennem lange Søkabler, nemlig at Telegraferingshastigheden er omvendt proportional med Produktet af Kablets Modstand og dets Kapacitet ogsaa gjaldt for Telefoneringen, blot var det her endnu værre, fordi man i Formlen maatte erstatte den Ohmske Modstand  $R$  med Impedansen  $\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}$ .

Omkring Aarene 1886—87 begyndte der imidlertid at hæve sig Røster mod denne Anskuelse. I England var Oliver Heaviside den første der opponerede. Han skrev i »Electrician« i Aarene 1883—88 en Artikelrække »Electromagnetic Induction and its Propagation«, hvori han paaviste (1887) Selvinduktionens Betydning for de elektromagnetiske Bølgers Forplantning langs Ledningerne. Han forklarede Betydningen saavel af Ledningens ohmske Modstand og Kapacitet som af dens Selvinduktion og Afledning, Selvinduktion som gavnlig,

fordi den modvirker Kapaciteten (modvirker det med Kapacitetsstrømmene forbundne Energitab i Ledningen), at saavel Afledningen som Selvinduktion modvirker Forvrængningen, og at en Ledning er forvrængningsfri, naar Forholdet mellem dens Modstand og Selvinduktion er lig Forholdet mellem dens Afledning og Kapacitet. Han antydede ogsaa en Metode til Forhøjelse af Selvinduktion, en jævn fordelt Forhøjelse, men Metoden var upraktisk og er ikke bleven benyttet. De samme Spørgsmaal er ogsaa behandlet i hans senere udkomne Bøger »Electromagnetic Theory«.

I Frankrig var Vaschy den første, der tog Afstand fra Opfattelsen af Selvinduktion som skadelig. Devaux-Charbonnel offentliggjorde i »Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones« 1917 en Afhandling »La contribution des ingénieurs français à la téléphonie à grande distance par cables souterrains: Vaschy et Barbarat«, hvori det paavises, at Vaschy allerede i 1886 i »Annales Télégraphiques« havde fremsat den Mening, at Selvinduktion spillede en betydelig nyttig Rolle for Telefoneringen, og at Vaschy i sine senere offentliggjorte Arbejder havde angivet Formler til Beregning af Selvinduktion for en Kobberledning beklædt med en tynd Kappe af blødt Jærn samt ogsaa angivet Formler til Beregning af Dæmpningen for Ledninger med forhøjet Selvinduktion, hvad enten denne var jævnt fordelt eller punktvis indskudt. Om Barbarat siges det, at han fortsatte Vaschys Arbejder paa Løsningen af Spørgsmaalet om Forhøjelse af Ledningernes Selvinduktion, og at der i Aarene 1899—1902 paa Barbarats Anvisning blev fabrikeret Prøvelængder af Kabel, hvor Lederen bestod af Kompoundtraad (en Kobberkerne med et tyndt Lag af blødt Jærn), hvorved der opnaaedes en Selvinduktion paa op til 11 MilliHenry pr. km Dobbeltledning, og at man ogsaa havde lavet et Prøvestykke, hvor Jærnkappen var erstattet med en tynd Jærntraad vundet om Lederen i Spiraler. Barbarat havde ogsaa gjort Forsøg med og tilraadet at forhøje Selvinduktion ved at indskyde Selvinduktionsspøler med visse Mellemrum paa Ledningen.

Men ogsaa her i Landet var der en Videnskabsmand, som samtidig med Heaviside og Vaschy beskæftigede sig med de samme Spørgsmaal, nemlig L. Lorenz.

— I det af Carlsberg Fondet ved H. Valentiner udgivne Værk »Oeuvres Scientifiques de L. Lorenz«, der udkom i 2 Bind 1898 og 99, er det nævnt, at Lorenz i sine sidste Leveaar beskæftigede sig meget med telefon-tekniske Spørgsmaal, uden at der dog er medtaget noget af Lorenz' Arbejder paa dette Omraade. —

Blandt Lorenz' efterladte Papirer findes Koncep-



ter til Breve fra en Korrespondance, han har ført med Kabelfabrikken Felten & Guillaume, Mülheim, Köln, angaaende Konstruktion af Ledninger med forhøjet Selvinduktion. — Jeg har søgt ved Henvendelse til Fabrikken at faa Originalbrevene til Gennemsyn eventuelt til Offentliggørelse, men Fabrikken har svaret, at den ikke længere er i Besiddelse af vedkommende Korrespondance. I et Brev dateret 11. December 1886 til nævnte Firma, skriver Lorenz, at han ad teoretisk Vej har fundet, at en Kobbertraads telefoniske Ledningsevne kan forhøjes betydeligt ved, at Traaden beklædes med et tyndt Lag Jærn. Jeg citerer videre af Brevet oversat fra Tysk: »Allerede for flere Aar siden er jeg kommet til dette Resultat, men har ikke villet offentliggøre mine Undersøgelser, fordi jeg først vilde afvente tilforladelige Forsøg angaaende Telefoneringen over større Afstande. Siden er van Rysselberghe's Beretning (Téléphonie internationale Bruxelles 1886) kommet mig i Hænde; hans Forsøg er udført saavel med Kobber- som med Jærntraad og er temmelig udførlig beskrevet. Resultaterne var i fuld Overensstemmelse med mine Beregninger. Rysselberghe har foruden med Jærn- og Kobbertraad ogsaa anstillet Telefonforsøg med Compoundtraad. Denne Traad havde en 3 mm tyk Kerne af Staal og var beklædt med en  $1\frac{1}{2}$  mm tyk Kappe af Kobber. Staalkernelen er her ganske virkningsløs, hvad ogsaa Rysselberghe rigtigt har antaget, idet Magnetismen ingen Virkning udøver paa den gennem Kobberet gaaende Strøm og virker skadelig paa den gennem Kernen selv gaaende svage Strøm. En Bemærkning over Virkningen af et ydre Jærnlag, har jeg fornylig fundet hos Mr. Eric Gérard (Bulletin de la société Belges d'électriciens 1886, S. 155), hvor han omtaler Sagen med et Par Ord, men fraraader en saadan Belægning, fordi Selvinduktionen derved forhøjes. Dette er netop Teoretikernes sædvanlige Fejlslutning, at Selvinduktionen virker skadelig for Telefonstrømmenes Forplantning og denne Misforstaaelse vil, hvis den ikke bliver berigtiget, længe kunne afholde Teknikerne fra at anstille Forsøg med jærnbeklædt Kobbertraad. Den af mig fuldstændig gennemførte Teori for Telefonstrømmene viser netop, at Selvinduktionen, hvilken paa Grund af Jærnets Magnetisme bliver betydelig forhøjet, er gavnlig for Telefonstrømmenes Forplantning, og at først naar Traadens Modstand, hvilken paa Grund af Telefonstrømmenes hurtige Svingninger forstørres ved Selvinduktionen, overstiger en vis Grænse, vil der indtræde en Reaktion. Det er af denne Grund, at Jærn- og Staaltraade ikke egner sig til Telefonering paa store Afstande, international Telefonering.

Af de medfølgende Tegninger, hvilke eksempelvis giver Resultatet af mine Beregninger, vil De se Fordelen ved at beklæde Traaden med Jærn. Begge Traade har samme ydre Diameter (2 mm); den med Jærn beklædte Traad, der kunde kaldes den »armerede«, har en 1,8 mm tyk Kobberkerne og et  $\frac{1}{10}$  mm tykt Lag Jærn. Kurveordinaterne giver Strømtensiteten, Abscisserne svarer til Afstanden fra Afsendertelefonen i km. Som Grænse for den praktiske, kommercielle Telefonering er i Overensstemmelse med Rysselberghe sat en 20foldig Svækkelse af de højere Toner.

Naar flere Telefontraade er anbragt paa den samme Stangrække paa en længere Strækning (over 100 km), saa vil det være nødvendigt for at forhindre Overføring af Talen fra en Traad til en anden at fremføre Traadene parvis og forbinde begge Traadene med Afsendermikrofonens Klemskruer. Dette er forudsat for Fig. 1 og 2. Betragter vi nærmere det Tilfælde, hvor Afstanden mellem de to parallelle Traade er 20 cm (Fig. 2), saa bliver Telefoneringsgrænsen for Kobbertraadene 324 km, for de armerede Traade 432 km. For med Kobbertraade at opnaa den samme Afstand som med den 2 mm tykke armerede Traad maatte Kobbertraadene have en Diameter paa 2,4 mm; d. v. s. pr. km Traad indeholder den armerede Traad 22,4 kg Kobber og 4,6 kg Jærn, den dermed lige virkningsfulde Kobbertraad 39,8 kg Kobber. For tyndere Traade maa Jærnlaget gøres endnu tyndere, saaledes vil et Jærnlag  $\frac{1}{13}$  mm tykt være passende for en 1 mm tyk Traad.

Jeg har i mine Beregninger forudsat, at Jærnet er blødt, idet mine Talværdier for de for Telefonstrømmene gældende Magnetiseringskonstanter er taget fra mine egne Forsøg (Wiedemanns Annalen Bd. 7, 1879, S. 161). Dog vil det ikke gøre nogen væsentlig Forskel, om det ved Fabrikationen skulde blive foretrukket at anvende haardtrukket Jærn uden Udglødning. Kun vil det være at anbefale ved den endelige Fabrikation nøje at fastsætte den fordelagtigste Tykkelse af Jærnlaget for de forskellige Traadtykkelser og forskellige Anbringelsesmaader. Naar jeg er i Besiddelse af nogle Meter jærnelagt Traad af vilkaarlig Tykkelse, vil jeg ved Telefonforsøg kunne bestemme Magnetiseringskonstanten og dermed den fordelagtigste Tykkelse af Jærnlaget i alle Tilfælde.

Spørgsmaalet om Fabrikationen af den armerede Traad, vil De formentlig selv bedst kunne besvare. Det vil forhaabentlig ikke volde Vanskeligheder at lægge et Jærnbaand af passende Tykkelse og med en til Kobbertraadens Omfang svarende Bredde omkring Kobbertraaden, at trække dem sammen og derefter forzinke i et Zinkbad.

Jeg bemærker udtrykkelig, at Fordelen ved min Traad først vil komme frem ved meget store Strækninger (over 100 km). Forsøg paa mindre Afstande vil ikke føre til fyldestgørende Resultater, idet tilfældige Omstændigheder, navnlig Afsendermikrofonens Induktionsrulles Dimensioner, da vil faa stor Indflydelse paa Resultatet. Jeg har ved Konstruktionen kun haft de store Afstande for Øje.

Lorenz bebuder derefter en Offentliggørelse af Teorien, og Brevet indeholder iøvrigt kun nogle Bemærkninger vedrørende den økonomiske Side af Sagen.

Forhandlingerne førte ikke til noget positivt Resultat. Forslaget lod sig vel heller ikke praktisere — for Luftledninger. (Senere vil det blive paavist, at Lorenz ogsaa har foreslaaet at forhøje Telefonkabernes Selvinduktion ved at omgive Kobberlederen med et Jærnlag). Men af Brevet ses det, at Lorenz i hvert Fald allerede i 1886 udmærket forstod Selvinduktionens Betydning for Telefoneringen.

Blandt Lorenz' Papirer findes ikke Kopier af de i



Brevet omtalte Tegninger, derimod findes Beregningerne for de nævnte Eksempler, som her skal gengives.

Den benyttede Formel til Beregning af Dæmpningskoefficienten er

$$\alpha = \sqrt{\frac{Cm}{2}} (-mS + \sqrt{(mS)^2 + R^2}),$$

hvor  $m$  er Vinkelhastigheden ( $2\pi \times$  Periodetallet);  $R$ ,  $S$  og  $C$  er henholdsvis Modstand, Selvinduktion og Kapacitet pr. Længdeenhed — altsaa den sædvanlig benyttede Formel til Beregning af Dæmpningen, naar der ses bort fra Afledningen.

Formlerne til Beregning af Selvinduktion og Kapacitet er

$$S = 4 \left( \log_n \frac{2D}{d} + \frac{1}{4} \right) \text{ abs. Enh.}$$

$$C = \frac{1}{4 \cdot \mu \cdot \log_n \frac{2D}{d}} \text{ abs. Enh.}$$

$D$  = Afstanden mellem Dobbeltledningens to Grene i cm.

$d$  = Traadens Diameter i cm.

$\mu = 9 \cdot 10^{20}$ .

Som det ses, er der ved Beregning af Selvinduktionen taget Hensyn til Selvinduktionen i det indre af Traaden, og for Kapacitetens Vedkommende er det ligeledes den sædvanlige Formel, naar Afstanden mellem Dobbeltledningens to Grene er stor i Forhold til Traaddiameteren.

For en 2 mm Kobbertraad med  $D = 20$  cm angiver *Lorenz* Tallene\*)

$$\alpha = \sqrt{\frac{m}{2\mu \cdot 10,60}} (-11,10 \cdot m + \sqrt{11,10^2 \cdot m^2 + 64800^2})$$

$$= 0,9266 \cdot 10^{-7} \text{ pr. cm for } m = 7000.$$

Modstand, Selvinduktion og Kapacitet er angivet i det absolute System; benyttes i Stedet det praktiske System og angives Konstanterne pr. km Dobbeltledning, bliver Tallene.

$$\alpha =$$

$$\sqrt{\frac{m \cdot 5,24 \cdot 10^{-9}}{2}} (-2,22 \cdot 10^{-3} \cdot m + \sqrt{(2,22 \cdot 10^{-3} \cdot m)^2 + 12,96^2})$$

$$= 0,9266 \cdot 10^{-2} \text{ pr. Km for } m = 7000.$$

Til  $R = 12,96$  Ohm pr. km Dobbeltledning svarer en Modstandsfylde paa 0,02035, altsaa en betydelig højere Værdi end for det nu benyttede Kobber.

For en 2 mm »armeret« Ledning med et Jærnlag paa 0,1 mm angives Tallene

$$\alpha = \sqrt{\frac{m}{2\mu \cdot 10,60}} (-36,7m + \sqrt{36,7^2 \cdot m^2 + 83000^2})$$

$$= 0,6927 \cdot 10^{-7} \text{ pr. cm for } m = 7000;$$

paa samme Maade som ovenfor kan dette omskrives til

$$\alpha =$$

$$\sqrt{\frac{m \cdot 5,24 \cdot 10^{-9}}{2}} (-7,34 \cdot 10^{-3} \cdot m + \sqrt{(7,34 \cdot 10^{-3} \cdot m)^2 + 16,6^2})$$

$$= 0,6927 \cdot 10^{-2} \text{ pr. Km for } m = 7000.$$

\*) Naar  $R$ ,  $S$  og  $C$  betyder Værdierne for Dobbeltledningens pr. Længdeenhed svarer de i Formlen indsatte Tal til  $\frac{R}{2}$ ,  $\frac{S}{2}$  og  $2C$ .

Jærnets Bidrag til Selvinduktionen er følgende 7,34 — 2,22 = 5,12 Millihenry pr. km Dobbeltledning, hvilket svarer til en Permeabilitet paa ca. 120.

For den med den »armerede« Traad lige virkningsfulde Kobberledning med Traaddiameter 2,4 mm angives  $\alpha = 0,6880 \times 10^{-2}$  pr. km for  $m = 7000$ .

Som det fremgaar af Brevet regnede *Lorenz* med en tilladelig DæmpningsekspONENT paa ca. 3 (en 20-foldig Svækkelse), hvilket giver de af ham nævnte Tal: 324 km som Talegrænse for en 2 mm Kobberdobbeltledning og 432 km for en Dobbeltledning af den »armerede« Traad med 2 mm ydre Diameter. Man ser heraf, at *Lorenz* allerede i 1886 meget vel forstod at dimensionere Telefonledninger.

Af de efterladte Papirer fremgaar det, at *Lorenz* ogsaa ved sine Beregninger har benyttet den fuldstændige Formel for Vandringskonstanten (hvor Afledningen er medtaget):

$$n = \sqrt{(b + imc)(r + ims)} =$$

$$\sqrt{\frac{1}{2}(br - csm^2 + \sqrt{(br - csm^2)^2 + (bs + cr)^2 m^2})}$$

$$+ i \sqrt{\frac{1}{2}(-br + csm^2 + \sqrt{(br - csm^2)^2 + (bs + cr)^2 m^2})},$$

hvor  $r$ ,  $s$  og  $c$  som før betyder Modstand, Selvinduktion og Kapacitet, medens  $b$  er Afledningen pr. Længdeenhed.

Den reelle Del af dette Udtryk er kaldt  $N$ , og paa Grundlag af  $2N^2 = rb - scm^2 + \sqrt{(r^2 + s^2 m^2)(b^2 + c^2 m^2)}$  er Ledningens Konstanter diskuteret, og hvoraf jeg skal citere følgende:

»Ved Variation af de forskellige heri indgaaende Konstanter for Ledningen ses det, at  $N$  altid vokser med voksende  $r$  og  $b$ , ligeledes med voksende  $m$  med Undtagelse af Tilfældet  $bs = cr$ , som gør  $N = \sqrt{b \cdot r}$  uafhængig af  $m$ . Det ses saaledes, at med aftagende Isolation af Ledningen, aftager ogsaa Strømstyrken for alle Tonehøjder, men mest for de dybere Toner, saaledes at der kommer et Punkt, hvor Strømstyrken er ens for alle Toner, men den vil da ogsaa være saa stærkt aftaget, at dette Tilfælde ingen praktisk Betydning kan faa. I Almindelighed kan det siges, at Mangel paa Isolation ved lange Ledninger forbedrer Klangmen svækker Styrken af Lyden.

$N$  vokser med voksende  $c$  fra  $cr = sb$ , altsaa altid ved fuldstændig Isolation ( $b = 0$ ). Tillige kan det bemærkes, at  $\frac{dN}{dm}$  for  $b = 0$  er proportional med  $c$ , hvoraf ses at ikke alene Lydstyrken men ogsaa Klangmen aftager med voksende Kapacitet. Denne Fejl hæfter som bekendt ved alle Kabler, hvis Kapacitet nødvendigvis maa være stor i Forhold til Luftledningernes Kapacitet, og det vil derfor være af Vigtighed at undersøge, hvorvidt Konstanten  $s$ , den eneste som staar tilbage, praktisk lader sig forandre, og hvorvidt en saadan Forandring kan være i Stand til at forbedre Ledningen.

Som bekendt er Selvinduktionen  $s$  betydelig forøget i Jærntraade, men samtidig er her Modstanden  $r$  afhængig af  $m$ , saaledes at den vokser stærkt med voksende Svingningstal, hvormed følger en betydelig Svækkelse af de højere Toner. Man er imidlertid i Stand til ogsaa



at forøge Selvinduktionen i umagnetiske Ledninger, navnlig ved at omvikle dem med Jærntraad, og lader man denne være isoleret fra Ledningen, vil dennes Modstand forblive ganske uforandret.»

Lorenz viser derefter, at en Forøgelse af Selvinduktionen ikke alene vil forøge Styrken men ogsaa forbedre Klangens.

Hvornaar Lorenz har udledt Formlerne for Dæmpningskoefficienten kan ikke siges med Bestemthed. Den første, der har offentliggjort disse Formler, er sikkert Oliver Heaviside i en Artikelrække »On Self-Induktion of Wires« i »Philosophical Magazine« 1886—87; den første Formel, hvor Afledningen ikke er medtaget, forekommer i September Hæftet 1886 og den fuldstændige Formel i Januar Hæftet 1887.

Naar Lorenz ikke har offentliggjort sine Arbejder vedrørende Telefonledningernes Teori eller de andre telefontekniske Spørgsmaal, han beskæftigede sig med i sine sidste Leveaar, da er én af Aarsagerne hertil sikkert, som han selv har antydnet det, at han ønskede at kunne bilægge Teorierne med Resultater af Forsøg, hvortil han imidlertid savnede de nødvendige Maaleapparater; men selv om han saaledes ikke offentligt har bidraget til Løsningen af Spørgsmaalet om Forøgelse af Talegrænsen for Telefonledninger ved en Forhøjelse af deres Selvinduktion, saa har hans Arbejder dog uden Tvivl været af Betydning for Løsningen, hvad ogsaa vil fremgaa af det følgende.

Paa »Nordiska Teknikermötet« i Stockholm i 1897 holdt J. L. V. W. Jensen et Foredrag om Lovene for Vekselstrømmes Bevægelse i lange Ledninger. Han nævner herunder, at Lorenz i Aaret 1885 henvendte sig til ham om Samarbejde paa ovennævnte Spørgsmaal og omtaler, at Lorenz da havde opstillet Formler for Telefonstrømmenes Bevægelse, og at det var gennem Lorenz, at han selv var kommet ind paa at arbejde paa dette Spørgsmaals Løsning.

J. L. V. W. Jensen's Forslag gik ud paa at omvikle den isolerede Leder (i et Telefonkabel med Papirisolation) med et tyndt Jærnbånd eller med tynde Jærntraade. Han førte i 1895 Forhandlinger med »Felten & Guillaume« om Konstruktion af et saadant Kabel, men det førte ikke til noget positivt Resultat.

I Tyskland har bl. a. Breisig beskæftiget sig med det samme Spørgsmaal. I 1899 offentliggjorde han i »Elektrotechnische Zeitschrift« en Artikel: »Messungen über die Selbstinduktion verschiedener Muster für Seekabel«, hvori han omtaler Maalinger, han havde udført paa Opfordring af Kabelfabriken »Felten & Guillaume« paa nogle Kabelkorer, der var fabrikerede for at faa undersøgt, om Selvinduktionen og dermed Telegraferingshastigheden lod sig forhøje ved Indlæg af Jærntraade sammen med Kobbertraadene i Lederen. Efter Breisig's Forslag blev der ogsaa fabrikeret en Prøvelængde, hvor Kobberlederen var omviklet med et tyndt Jærnbånd i aabne Spiraler. Og for denne Prøvelængde fandtes en Forhøjelse af Selvinduktionen paa ca. 60 pCt., hvilket Breisig finder vilde svare til en 8 pCts Forhøjelse af Telegraferingshastigheden.

I Slutningen af 1901 offentliggjorde Breisig i samme Tidsskrift Resultaterne af Maalinger, han havde foretaget paa et Telefonkabel — »Messungen an einem Fern-

sprechkabel mit Selbstinduktion« —, hvor der om Kobberlederen var viklet en Jærntraad spiralformig. Ogsaa disse Maalinger viste en ret betydelig Forhøjelse af Selvinduktionen.

I Foraaret 1901 tog C. E. Krarup Spørgsmaalet op. Han har selv givet en første Beretning herom i »Elektrotechnische Zeitschrift« 1902: »Unterseeische Fernsprechkabel mit erhöhter Selbstinduktion«. Han refererer først til Breisig's ovenfor omtalte Maaleresultater (1899) og nævner, at han paa Grundlag af nogle Maaleresultater, Hughes havde givet i 1886, følte sig overbevist om, at man vilde kunne opnaa en større Forhøjelse af Selvinduktionen ved at omgive Lederen med en tynd Jærnkappe, hvorved man vilde faa sluttede magnetiske Kredsløb i Jærnet. Han nævner derefter, at paa Forslag af P. O. Pedersen blev dette praktiseret ved at vikle en tynd blød Jærntraad omkring Kobberlederen i tæt til hinanden sluttende Vindinger.

Krarup giver i samme Artikel Resultaterne af en Del Maalinger, han havde udført til Sammenligning af Virkningerne af de forskellige Maader, hvorpaa Beklædningen med Jærnet kunde foretages. Forsøgene gjaldt saavel Enkeltledninger som Dobbeltledninger. Han havde Prøvelængder uden Jærnbeklædning, Prøver med en Bevikling af Jærnbånd i aabne Spiraler og i lukkede Spiraler samt Prøver med en Bevikling med Jærntraad i tæt til hinanden sluttende Vindinger. Med denne sidste, hvor Jærntraaden var 0,17 mm i Diameter, opnaaedes en Forhøjelse af Dobbeltledningens Selvinduktion paa omtrent det 10-dobbelte.

Det første Krarup-Kabel — et Guttaperka-Kabel fabrikeret af »Felten & Guillaume« — blev i 1902 udlagt mellem Helsingør og Helsingborg. Bespindingen bestod af et Lag svensk Trækulsjærn 0,2 mm i Diameter. Dobbeltledningens Selvinduktion er ca. 5,3 Millihenry, hvilket svarer til en Forhøjelse paa det 6—7 dobbelte. I de i danske Farvande senere udlagte Krarup-Kabler — saavel Papir- som Guttaperka-Kabler — er der anvendt indtil 3 Lag Jærnbespinding og derved opnaaet en Forhøjelse paa indtil det 15-dobbelte.

Krarup har i en Artikel i »Elektrotekniker« 1904, Referatet af et Foredrag, han holdt i Elektroteknisk Forening om moderne Telefonkabler, omtalt en Del af disse Kabler og de Resultater, der er opnaaet.

Teorien for Krarup-Kablerne er givet af Absalon Larsen og offentliggjort i »Elektrotechnische Zeitschrift« 1908: »Beitrag zur Berechnung von Fernsprechkabeln mit Eisendrahtumspinnung«. Det vises her, hvorledes Selvinduktionen kan beregnes samt Modstandsforøgelsen hidrørende fra Hvirvelstrømme i Jærnbespindingen. Der gives samtidig, som Eksempler, en Del Resultater fra Maalinger paa Krarup-Kabler.

— Teorien for den anden Slags Telefonkabler med forhøjet Selvinduktion, hvor Forhøjelsen er opnaaet ved at indskyde Spoler punktvis i Serie med Lederen fremkom i 1899 og 1900 i »Transactions of the American Institute of Electrical Engineers« offentliggjort af M. I. Pupin, efter hvem Kablerne bygget efter dette System har faaet Navn. Samtidig med Pupin løste G. A. Campbell den samme Opgave, hvorom han har berettet i »Philosophical Magazine« 1903.

Metoden, at forhøje Selvinduktionen ved at ind-



skyde Spolerne som Shunt paa Ledningen, er foreslaaet af *Silvanus P. Thompson*; en Beretning herom findes i »Electrician« 1893; der er hidtil ikke fabrikeret Kabler efter dette System. —

En indgaaende Behandling af *Krarup*-Kablerne saavel som af *Pupin*-Kablerne findes i *P. O. Pedersen's Bog »Telefonledningernes Teori«*, der udkom 1914; der er der foretaget en Sammenligning mellem de to Slags Kabler og omtalt Mulighederne for en Forbedring af *Krarup*-Kablerne (ved Anvendelse af legeret Jærn med højere Permeabilitet og større Modstandsfylde til Bespindingen). Af andre Afsnit i samme Bog, vigtige for Beregninger og Maalinger Telefonkabler vedrørende, skal jeg henvise til Afsnittene om Reflektionstab og Ækvivalentledninger samt til Tillæget om Hvirvelstrømstab, der er et Uddrag af en Afhandling i *Jahrbuch der drahtl. Telegraphie* 1911: »Wirbelstromverluste in und effektiver Widerstand von geraden, runden Metallzylindern«.

Foruden af *P. O. Pedersen* er Teorien for Telefonkablerne i Almindelighed behandlet af *A. K. Erlang* i en Artikel i »Elektrotekniker« 1911: »Hovedpunkterne af Teorien for Telefonkabler i elementær Fremstilling«. Det er en kortfattet matematisk Afhandling. Der udledes først Hovedformlerne for det uendelige, homogene Kabel; dernæst vises det, at et vilkaarligt Kabelstykke er karakteriseret ved 4 (egentlig 3) Hovedkonstanter, hvis Sammenhæng med Kablets øvrige Konstanter paavises; der gives Regler til Beregning af Hovedkonstanterne for sammensatte Ledninger og paa Grundlag heraf behandles *Pupin*kablerne samt Valg af Apparater.

Blandt de bedst kendte udenlandske Forfattere Telefonkablers og Telefonledningernes Teori vedrørende skal jeg nævne: *Breisig*, *Devaux-Charbonnel*, *Kennelly*, *Hill*, *Malcolm*, *Fleming*, *Pleijel*.

Jeg skal derefter kort omtale de Maaleapparater, der er fremkommet her i Landet til Brug ved Vekselstrømsmaalinger i Svagstrømsteknikken.

*Absalon Larsen's »Komplekse Kompensator«* er beskrevet i »Elektrotekniker« 1910, i »Elektrotechnische Zeitschrift« 1910 og i »Electrician« 1911.

Fig. 1 viser Strømskemaet for en Opstilling til Maaling paa et Kabel.

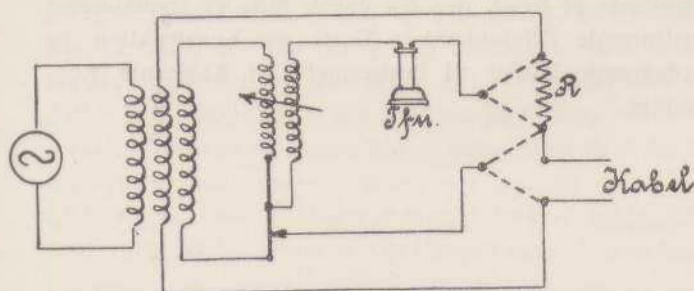


Fig. 1.

Som Navnet angiver benyttes Kompensationsmetoden. Kompensationsspændingen bestaar af 2 paa hinanden vinkelrette i Serie forbundne Spændinger, hvoraf den ene ligger paa en Maaletraad, den anden faas ved Hjælp af en variabel gensidig Induktionsspole (som i Virkeligheden bestaar af 4 faste og 2 bevægelige Spoler).

Indskydes i Serie med Kablet en induktionsfri Modstand  $R$  og kompenseres Spændingerne dels over  $R$  og dels over Kablet, kan den søgte Impedans findes baade i Størrelse og Retning. (Angaaende en fuldstændig Beskrivelse af saavel dette som de i det følgende nævnte Apparater henvises til Originalbeskrivelserne).

Apparatet er meget bekvemt at anvende, man finder hurtigt Indstillingerne.

I »Elektrotechnische Zeitschrift« 1911 og »Electrician« 1911 findes en Beskrivelse af *Absalon Larsen's* akustiske Vekselstrømsgenerator. Fig. 2 viser Strømskemaet.

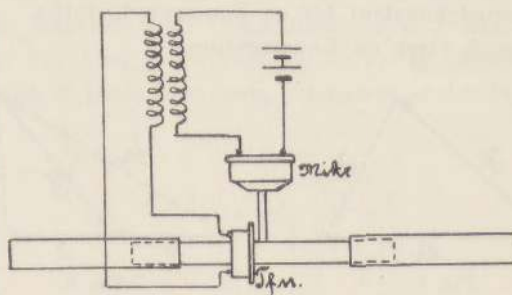


Fig. 2.

Det bestaar af en Telefon, en Mikrofon, en Transformator og som Kraftkilde et Par Tørelementer. Ved Hjælp af et Par forskydelige Rør kan Periodetallet varieres.

I »Elektrotekniker« 1913 har *A. K. Erlang* beskrevet en meget enkel Kompensator »Et nyt Kompen-

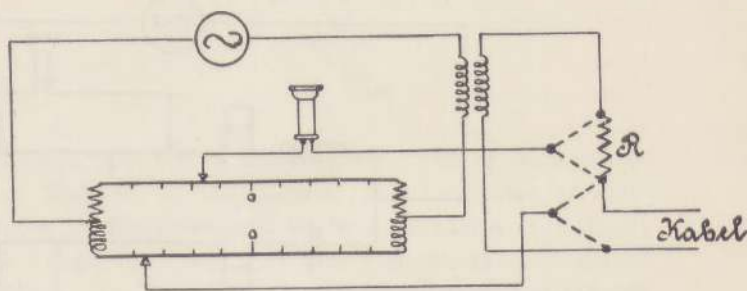


Fig. 3.

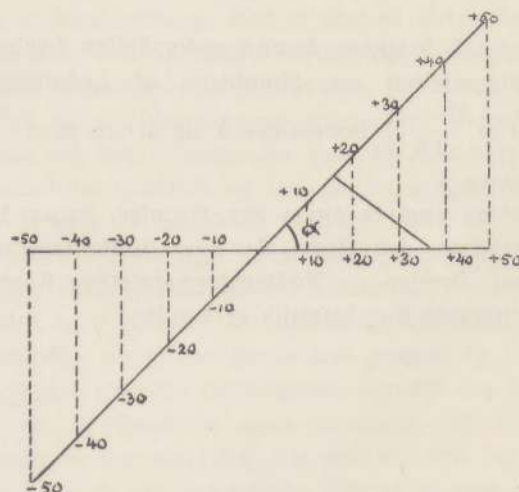


Fig. 4.

sationsapparat til Vekselstrømsmaaling indenfor Telefonien«. Apparatet findes ogsaa beskrevet i »Institution of Electrical Engineers Journal« 1913. Fig. 3 viser Strømskemaet og Fig. 4 Diagrammet, hvorpaa Impedanserne maales i Størrelse og Retning.



Apparatet bestaar af 2 ens Maaletraade; til den ene er der ved hver Ende sluttet en Selvinduktionsnormal, til den anden Modstande svarende til de ohmske Modstande i Normalerne. Strømmene i de to Maaletraade er faseforskudt en Vinkel  $\alpha$  i Forhold til hinanden og deres Størrelser forholder sig som  $\cos \alpha$  (Kaldes den samlede Modstand af en Maaletraad og de tilføjede Modstande ved Enderne  $R$  og Selvinduktionen i de 2 Normaler tilsammen  $L$  faas  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{\omega L}{R}$ ).

Erlang har samtidig beskrevet Metoder, hvorved man kan konstruere sig til Dæmpningskoefficient og Bølgelængdekonstant for en homogen Ledning.

Fig. 5 viser en Konstruktion.

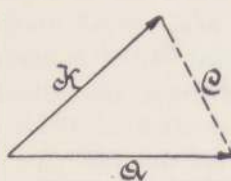


Fig. 5.

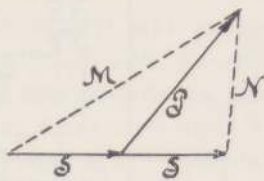


Fig. 6.

A og K betegner Ledningens Isolations- og Kortslutningsimpedanser; af  $\cosh 2\alpha l = \frac{A + K}{C}$  bestemmes Dæmpningskoefficienten  $\alpha$  og af  $\cos 2\beta l = \frac{A - K}{C}$  bestemmes Bølgelængdekonstanten  $\beta$ ;  $l$  er Ledningens Længde.

Fig. 6 viser en anden Konstruktion.

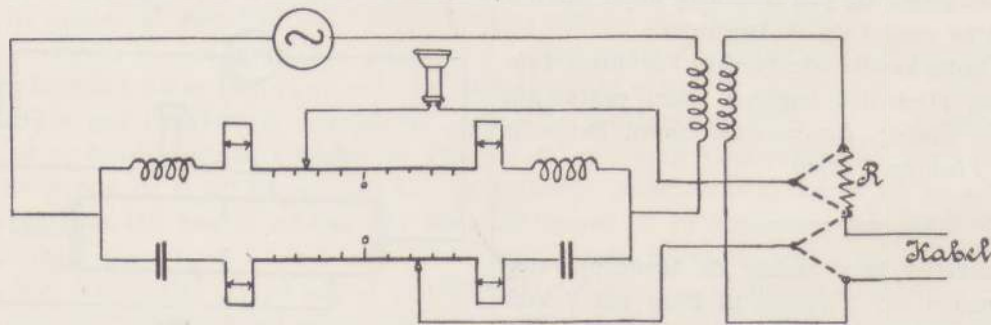


Fig. 7.

P og S betegner Spændingsforskellen henholdsvis ved Begyndelsen og Slutningen af Ledningen; af  $\cosh \alpha l = \frac{M + N}{2S}$  bestemmes  $\alpha$  og af  $\cos \beta l = \frac{M - N}{2S}$  bestemmes  $\beta$ .

Erlang angiver ogsaa her Formler, hvorved man kan bestemme den Strøm, der naar til Modtagerapparatet, naar Sender- og Modtagerapparaternes Konstanter og Ledningens Karakteristik er kendte.

I »Electrician« 1919 har P. O. Pedersen beskrevet et nyt Kompensationsapparat »A new Alternate-Current Potentiometer for Measurements on Telephone Circuits«. Fig. 7 viser Strømskemaet.

Det bestaar ligesom Erlang's af 2 ens Maaletraade, den ene har ved hver Ende tilsluttet en Selvinduktionsnormal, den anden en Kondensator foruden Modstande svarende til de ohmske Modstande i Normalerne. Ved Enderne af hver af Maaletraadene er der desuden indskudt smaa Modstande med Glidekontakter, hvorved Telefonen kan bringes til Tavshed i »Nulstillingen«.

Ved passende Valg af Selvinduktionsspøler og Kondensatorer i Forhold til Maaletraadens Modstand, kan Strømmene i de to Maaletraade bringes til at staa vin-

kelret paa hinanden (naar  $R = \sqrt{\frac{L}{C}}$ , hvor R betegner den samlede Modstand i en Maaletraad inklusive Modstanden ved Enderne, L den samlede Selvinduktion af de to Normaler og C den resulterende Kapacitet af de to Kondensatorer). For et bestemt Periodetal kan man yderligere faa de to Strømme ligestore (naar  $\omega \cdot C \cdot R = 1$ ) F. Eks.  $\omega = 5000$ ,  $R = 200$  Ohm, hver af de 2 Normaler 0,02 Henry og hver af de 2 Kondensatorer 2 Mikrofarad.

Aflæsningerne paa Maaletraadene kan derved benyttes direkte, uden Korrektion, til Bestemmelse af Impedanserne (enten ved Beregning eller ved Konstruktion i et retvinklet Koordinatsystem).

Er Maaletraadene oprullede induktionsfri paa Valser, kan de gøres meget lange; man opnaar derved et meget stort Maaleomraade.

— Jeg haaber hermed at have faaet omtalt det væsentligste af hvad, der fra dansk Side er fremkommet vedrørende Telefonkablers Teori og Konstruktion og vedrørende Midler til Bestemmelse af Kablernes Konstanter.



## Gulstad's Kabelrelais.

Af Overingeniør Chr. Albertus.

Mine Herrer!

Hr. Gulstad's Helbred er desværre ikke saa tilfredsstillende, at det tillader ham selv at holde Foredrag ved denne Lejlighed, hvorfor jeg paa Opfordring har paataget mig at være hans Stedfortræder. Inden jeg gaar over til mit Foredrags egentlige Emne »Gulstad's Kabelrelais«, skal jeg give nogle indledende Oplysninger om Telegrafrelais og om Udviklingen paa dette Omraade, idet jeg forudskikker den Bemærkning, at Gulstad's Relais fortrinsvis er egnet for Arbejde gennem middellange Kabler med Wheatstones Dobbeltstrøms System, der er baseret paa det almindelige Morse-Alfabet, hvis Prikker og Streger i dette System frembringes ved positiv Strømretning, medens Mellemrummene mellem Signalerne frembringes ved negativ Strømretning. Relaiset kan endvidere anvendes til Telegrafsystemer baserede paa de saakaldte 5 Enheds Alfabet, i hvilke alle Telegraftegnene er lige lange og sammensatte af positive og negative Strømpulser af forskellig Varighed, medens der ikke benyttes Mellemrum mellem Signalerne. Saadanne Alfabet benyttes bl. a. i Baudot's, Murray's og Western Electric's Multiplex Systemer. Relaiset er derimod uanvendeligt til det saakaldte Kabel-Morse-Alfabet, i hvilket de til Prikker og Streger i det almindelige Morse-Alfabet svarende Signaler er lige lange, men karakteriseret ved forskellig Strømretning. De positive Signaler svarer til Prikker og de negative til Streger, medens Mellemrummene mellem Signalerne er strømløse. I det efterfølgende refererer jeg derfor ikke til Relais, som er konstruerede specielt med Henblik paa dette sidste Alfabet, der i udstrakt Grad anvendes ved Telegrafering gennem undersøiske Kabler.

Telegrafrelais indeholder i Reglen Elektromagneter, gennem hvilke den fra Ledningerne indkommende Strøm ledes, samt et Anker, der kan bevæge sig i Forhold til Elektromagnetpolerne, og som er forsynet med en saakaldt Kontaktstunge, der kan bevæge sig imellem to faste Kontaktskruer, hvoraf een eller begge er i Forbindelse med et Batteri, fra hvilket der er een Forbindelse til Jord. Strømmen fra Batteriet vil derfor kunne ledes enten til et Modtageapparat paa samme Station eller gennem en anden Linie til en anden Telegrafstation, i hvilket sidste Tilfælde Relaiset benævnes et Overdragerrelais. I principiel Henseende er Telegrafrelais altsaa konstruerede paa samme Maade som de tilsvarende Modtageapparater, men Konstruktionen er finere og Ankerets Bevægelser mindre. Telegrafrelais kan ligesom Modtageapparater være enten upolariserede Blødtjærnsapparater for Telegrafering med Enkeltstrøm, der dog ingen Interesse har i denne Forbindelse, eller polariserede Apparater egnede til Telegrafering med Dobbeltstrøm. Et typisk polariseret Relais

for Hurtigtelegrafi er det af det engelske Telegrafvæsen og andre Telegrafadministrationer i udstrakt Grad benyttede saakaldte Post Office Relais, hvis Princip fremgaar af Fig. 1 og 2. Relaiset har en lodret Aksel med to Ankerflige af blødt Jærn, som polariseres af den hestesko-

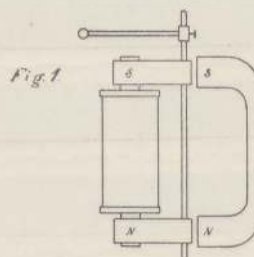
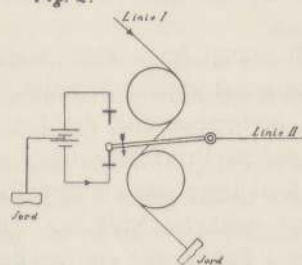


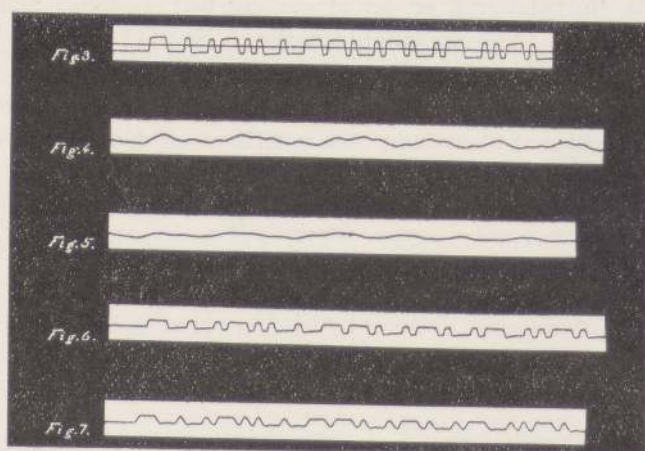
Fig. 2.



formede permanente Magnet, hvis Poler er anbragt tæt ved Enderne af Ankerfligene. Paa hver Side af disse findes en Elektromagnet, og til Ankerakslen er fastgjort en Tunge, der ender i et lille Kontaktstykke af Platiniridium, som kan danne Kontakt med de to fastsiddende Kontaktskruer, der ligeledes er forsynede med Kontaktdupper af Platiniridium. Med et saadant Relais kan der gennem gode ikke for lange Luftledninger arbejdes paa indtil 400 Normalord 3: Ordet »Paris« pr. Minut, hvilket svarer til ca. 160 Vekselstrømsperioder pr. Sekund. For at opnaa saa høje Hastigheder maa Relaiset naturligvis være meget fint indstillet, og der maa for at ophæve Virkningen af dets Selvinduktion benyttes enten en shuntet Kondensator i Serie med Relaisvindingerne, eller ogsaa maa disse shuntet med en lille Kondensator eventuelt i Serie med en Modstand. En nødvendig Betingelse for, at et almindeligt polariseret Relais kan gengive de fra den fjerne Station afsendte Dobbeltstrømssignaler paa korrekt Maade, er, at Signalerne ogsaa modtages som Dobbeltstrømssignaler som vist i Fig. 3 3: med alle Prik- og Stregsignaler liggende paa den positive Side af en uforanderlig tænkt Nulllinie og alle Mellemrumssignaler paa den negative Side af denne og endvidere, at Signalerne med begge Strømretninger opnaar den nødvendige Styrke til at overvinde den forholdsvis betydelige Tiltrækning mellem Ankeret og de nærmeste Elektromagnetpoler, hvilken jeg i det følgende vil betegne som den naturlige Tiltrækning.



Disse Betingelser kan indenfor vide Grænser let opfyldes paa Luftledninger, som kun har ringe Kapacitet, og hvor man til en vis Grad er frit stillet med Hensyn til Længderne af de Ledningssektioner, gennem hvilke der skal arbejdes. Helt anderledes og meget væsentlig vanskeligere stiller Sagen sig, naar der skal modtages gennem Kabler med stor Modstand og Kapacitet, hvor man i Regelen vil være henvist til at arbejde gennem bestemte udelelige Sektioner. Sendes der paa blot nogenlunde høj Hastighed gennem et saadant Kabel, vil Dobbeltstrøms-Morsesignaler blive stærkt svækkede og forvrængede, og de modtagne

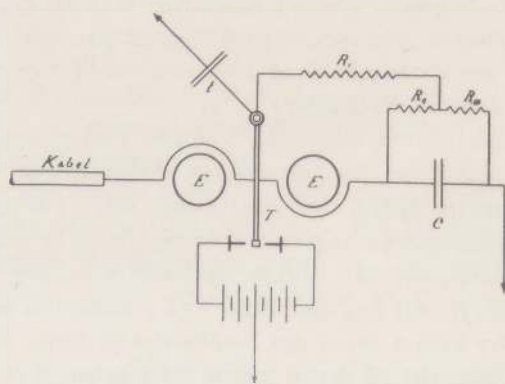


Signaler vil derfor langt fra komme til at svare nøjagtigt til de af Sendeapparatet afgivne Signaler. I Virkeligheden bliver det kun Stregsignalerne, der fremkommer nogenlunde tydeligt, medens Priksignalerne udviskes, og Signalerne kommer til at ligge paa en med Kablets Lædnings-tilstand varierende saakaldt Nullinie. Til Illustration af disse Forhold er i Fig. 4 vist en Række Dobbeltstrøms-Morsesignaler afsendt med en vis Hastighed gennem et Kabel, som paa Modtagestationen er stillet til Jord gennem en Undulator. Fig. 5 viser de samme Signaler afsendt med den dobbelte Hastighed og med uforandret Følsomhed af Undulatoren, medens Fig. 6 og 7 endelig viser samme Signaler afsendt paa de paagældende to Hastigheder gennem et Kredsløb, der har samme Modstand som Kablet, men ingen Kapacitet. Sidstnævnte to Prøver er tagne med væsentlig formindsket baade Undulator-Følsomhed og Sende-batteri-Styrke. Det vil herefter være klart, at et almindeligt polariseret Relais er meget daarligt egnet til Modtagning af Kabelsignaler; vel kan et saadant Relais' Følsomhed forøges indenfor visse Grænser ved at forøge Afstanden mellem Ankerfligene og Elektromagnetpolerne, hvorved den naturlige Tiltrækning aftager forholdsvis stærkere end Strømmens elektromagnetiske Virkning, men samtidig formindskes Kontakttrykket med den Følge, at Kontaktslutningerne bliver upaalidelige, og der vindes derfor intet væsentligt i Praksis ved denne Foranstaltning. Iøvrigt vilde et almindeligt polariseret Relais, selv om det besad meget stor Følsomhed forbundet med Evnen til at give sikre Kontaktslutninger, aldrig kunne gengive stærkt forvrængede Signaler korrekt, fordi det ikke vilde være i Stand til at arbejde for Variationer indenfor en bestemt Strømretning (positiv eller negativ). Et virkeligt Kabelrelais maa altsaa foruden at besidde stor Følsomhed være i Stand til at gengive Signaler med variabel Nullinie korrekt og maa tillige give paalidelige Kontaktslutninger,

hvilke Krav det er vanskeligt at faa opfyldt samtidig. Saa vidt mig bekendt er Englænderne *Brown & Allan* de første, der har givet en Løsning af Spørgsmaalet i Praksis. *Brown & Allan's Relais* er et polariseret Relais, hvis Anker i en Form af Relaiset holdes i neutral Midtstilling ved Hjælp af svage Spiralfjedre, og hvis Tunge er, om jeg saa maa sige, i bøjelig Forbindelse med Ankeret, hvilket er det ejendommelige ved Relaiset. Denne bøjelige Forbindelse bestaar i, at Anker og Tunge er forenede ved en meget svag regulerbar Friktionskobling, som, naar Tungen gør Kontakt med en af de fastsiddende Kontaktskruer, tillader Ankeret at fortsætte sin Bevægelse, saa længe Strømmen fra Linien vokser i en bestemt Retning. Ankeret kan altsaa nogenlunde frit følge alle Forandringer i den modtagne Strøm, og Tungen kan altid bringes til at danne Kontakt med den af Kontaktskruerne, henimod hvilken Ankeret bevæger sig under Strømmens Paavirkning, ligesom Kontaktslutningen bevares, saalænge Strømmen vokser i den paagældende Retning. Saa snart Strømmen begynder at aftage, vil Tungen derimod straks under Paavirkning af Spiralfjedrene blive ført mod Neutralstillingen og derefter af Strømmen over mod den anden Kontakt. Et saadant Relais er altsaa i Stand til i nogen Grad at opheve Forvrængningen, men paa Grund af de svage Strømstyrker, Fjedrenes dirigerende Kraft og Friktionskoblingen bliver Kontakttrykket saa svagt og som Følge deraf Kontaktslutningerne saa upaalidelige, at Relaiset til Trods for det ubestrideligt smukke Princip ikke er egnet til Hurtigtelegrafi, men det var dog i en Aarrække det eneste Relais, der med Rette kunde benævnes Kabelrelais.

Da der for mange Aar siden paa Det Store Nordiske Telegraf-Selskabs Station i Gøteborg blev Brug for Overdragning til Befordring af Trafik mellem England og Rusland, viste det sig, at et almindeligt Post Office Relais og forskellige andre Typer af polariserede Relais med stiv Forbindelse mellem Tunge og Anker ikke kunde arbejde

Fig. 9.

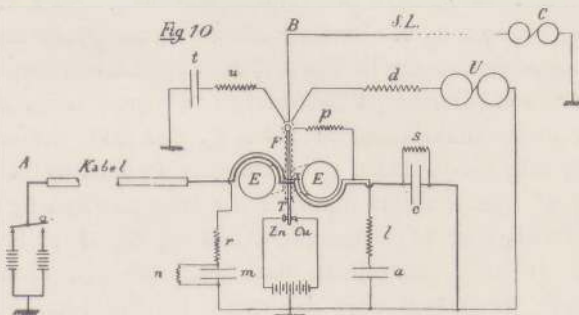


paa mere end ca. 25 Ord pr. Minut gennem de paagældende ca. 1000 km lange Nordsøkabler, og at Indførelse af Relais af *Brown & Allan's Type* vel medførte en Forbedring, men dog kun forøgede Arbejdshastigheden til ca. 40 Normalord pr. Minut, hvilket var utilstrækkeligt til Befordring af Trafikken, og det var derfor stadig meget ønskeligt at opnaa yderligere Forbedring. Selskabets daværende Stationsbestyrer i Gøteborg, Hr. A. L. Falck, indførte derefter i 1895—1896 i Forbindelse med et almindeligt polariseret Relais den i Fig. 9<sup>1)</sup> viste Opstilling, der til-

<sup>1)</sup> Fig. 8 er udgaaet.



sigtende at lette Omkastning af Relaisankeret. I Fig. betyder E Elektromagneter, T Tungen,  $R_1$ ,  $R_2$  og  $R_3$  Modstande, c og t Kondensatorer. Med denne Opstilling opnaaedes en betydelig Forøgelse i Arbejdshastigheden, som nu steg til ca. 65 Normalord. Forbedringen skyldes vistnok, at det blev muligt at variere Potentialforskellen mellem Enderne af Relaisets Vindinger paa passende Maade, hvorved Forvrængningen i nogen Grad kan ophæves. Paa dette Tidspunkt begyndte Hr. Gulstad sine Undersøgelser og Forsøg vedrørende det af ham opfundne Kabelrelais, og det lykkedes ham snart paa genial Maade at opfylde de Krav, som maa stilles til et virkeligt Kabelrelais. Det ejendommelige ved Gulstad's Relais ligger ikke i dets Konstruktion, der i Princippet ikke er forskellig fra Post Office Relaisets, men i at den naturlige Tiltrækning ved det for Relaiset karakteristiske Hjælpestrømsarrangement ikke alene ophæves men overvindes saaledes, at Ankeret og dermed Tungen af Hjælpestrømmen stadig føres over fra den ene Kontaktskrue til den anden: bringes til at vibrere. Herved opnaas, at Liniestrømmen ikke længere skal overvinde nævnte Tiltrækning, men tværimod Tungens Tilbøjelighed til at forlade en af Kontaktskruerne, hvilket kun kræver en meget ringe Strømstyrke, naar Hjælpestrømmen indreguleres paa passende Maade. Relaisets Følsomhed forøges derfor betydeligt og kan reguleres, og dette sker, som jeg nærmere skal forklare senere, uden at Kontaktslutningerne bliver mindre sikre, medens samtidig Forvrængningen i betydelig Grad kan ophæves. Da Relaisets Evne i saa Henseende er begrænset, maa Forvrængningen i de modtagne Signaler imidlertid formindskes ved passende Formning af disse, hvorom jeg ligeledes skal give Oplysninger senere.



Princippet for Hjælpestrømsarrangementet er skitseret i Fig. 10. Linielvindingerne, der er tykt optrukne, staar ved den ene Ende i Forbindelse med Kablet og er ved den anden Ende stillet til Jord gennem en med Modstanden s shuntet Kondensator c, medens Hjælpestrømsvindingerne, der er svagt optrukne, dels gennem Modstanden p er sat i Forbindelse med Tungen T og dels er forbundet til Jord gennem et System af Kondensatorer a, m og Modstande r, n og l. I det saaledes dannede Hjælpestrømskredsløb gaar Strømmen, naar Tungen danner Kontakt, fra Relaisbatteriets ene Pol over Tungen og p, hvorefter den deler sig, idet den søger tilbage til Batteriets Jord, dels gennem Hjælpestrømsvindingerne, r, m og n og dels gennem l og a. Fra Relaisungen udgaar desuden Forbindelser til Sendelinien S L, idet der dog i Regelen mellem denne og Tungen for at aflaste Gulstad Relaisets Kontakter indskydes et særligt Senderelais, endvidere til Medlæsningsundulatoren U gennem Modstanden d, samt

en Forbindelse til en mindre Kondensator t (Tungekondensatoren) med Forlagsmodstanden u.

Inden jeg nu gaar over til at beskrive Relaisets Virke-maade og at give nogle Oplysninger om dets Teori, vil jeg gøre opmærksom paa, at Forholdene paa Grund af den gensidige Induktion imellem de to Sæt Vindinger er meget komplicerede, og at det hidtil ikke er lykkedes at komme fuldstændig til Bunds i alle Enkeltheder, skønt Hr. Gulstad og Ingeniør Arnold Poulsen har nedlagt et meget betydeligt Arbejde derpaa. Vi havde haabet, at det skulde være lykkedes at opnaa fuld Klarhed ved Hjælp af en Siemens & Halske's Oscillograph, men desværre viste det sig, at Maalesløjfernes Følsomhed var utilstrækkelig til det paa-gældende Brug, og Resultatet af en Del Undersøgelser svarede derfor ikke til Forventningerne. I Betragtning af, at de hidtil udarbejdede Teorier har vist sig fyldestgørende til at opnaa udmærkede Resultater ved Arbejde med Relaiset i Praksis, haaber jeg imidlertid, at de Oplysninger, som jeg er i Stand til at give, kan paaregne Interesse.

Til en Begyndelse vil vi tænke os Linieløbet strømløst (Fig. 10) og føre Tungen over imod Kontaktskruen Zn. Kondensatorerne t, a og m vil da oplades, og der vil efterhaanden udvikle sig en Strøm af endelig Styrke i Hjælpestrømsvindingerne, hvis Retning er saadan, at dens magnetiske Virkning søger at bryde Kontaktslutningen, idet den viste Ankerflig F er den øverste og har en Sydpol imellem de viste øverste Elektromagnetpoler.

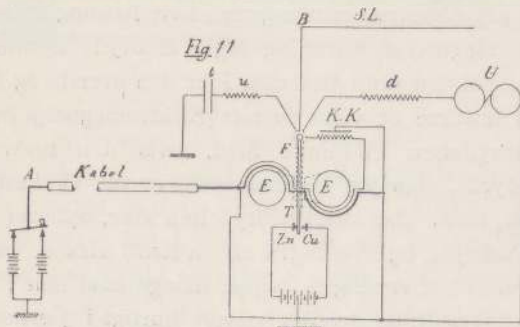
Afbrydelsen vil finde Sted, hvis den nødvendige Strømstyrke, som jeg herefter vil benævne Omkastnings-værdien, naas. Saa snart Afbrydelsen sker, ophører Batteriet at arbejde, og hvis ingen anden Kraft virkede paa Ankeret, vilde det rimeligvis svippe tilbage mod den Pol, det lige har forladt, og derefter vibrere hurtigt i Nærheden af denne Pol paa samme Maade som Ankeret i en selvafbrydende Klokke. I bedste Fald vilde Kontaktdannelsen ved Kontaktskruen Cu foregaa under ringe Tryk og derfor blive upaalidelig. Imidlertid vil Kondensator a og delvis Kondensator t, saa snart Batterikredsløbet er afbrudt, straks begynde at udlade sig gennem Hjælpestrømsvindingerne, og da Udladningsimpulsen har samme Retning, som Hjælpestrømmen havde, vil den bevirke, at Ankeret bliver ført over med betydelig Kraft, hvorved Tungen kommer til at udøve et kraftigt Tryk imod Kontaktskruen Cu, og paalidelig Kontaktdannelse opnaas. Saa snart Kontaktslutningen er sket, vil det samme gentage sig med modsat Strømretning, og Ankeret vil, indtil Hjælpestrømskredsløbet afbrydes permanent, vedblive at vibrere med en vis Hastighed, som er afhængig dels af Størrelsen af Modstandene p, n og r og dels af Kondensatorværdierne a, m og i nogen Grad c og t. Sidstnævnte Kondensator bidrager væsentligt til Forbedring af Kontaktslutningerne ved at optage en vis Elektricitetsmængde, som passerer over Tungekontakten og rimeligvis bevirker en svag Kontaktklæbning; i hvert Fald sker der ofte, naar Batteriets Modstand er ringe, hvis Modstanden u kortsluttes, en virkelig Sammenbrænding.

Ved Indregulering af Hjælpestrømmen er det bl. a. Opgaven at ændre nævnte Modstande og Kondensatorer, indtil Vibrationshastigheden stemmer overens med de fra Afsendestationens Transmitter udsendte Prikker; men Værdierne har tillige Betydning for Stregdannelsen. For



at Kontakttungen under Indvirkning af et ankomende Stregsignal skal vedblive at ligge an mod Kontakten, er det nemlig nødvendigt, at Hjælpestrømmen, der som sagt søger at fjerne Tungen fra Kontakten, vokser paa lignende Maade som Liniestrømmen, saaledes at Forskellen mellem de to Strømmes magnetiske Virkninger ikke er i Stand til at overvinde den naturlige Tiltrækning, saa længe Stregsignalet vedvarer. Først naar dette ophører, og Liniestrømmen som Følge deraf begynder at aftage, skal Hjælpestrømmen faa Overhaand og føre Tungen over. Hjælpestrømmen skal med andre Ord vokse saaledes med Tiden, at omtalte Forskel holder sig omtrent konstant.

At Gulstad Relaiset kan arbejde med Signaler, som har variabel Nullinie, og altsaa er i Stand til at eliminere den af et Kables Kapacitet og Modstand skabte Forvrængning, forstaas vistnok lettest, hvis man tænker sig et Relais med ens Linie- og Hjælpestrømsvindinger og fri for naturlig Tiltrækning, Friktion og Kontaktklæbning — altsaa et Relais med meget stor Følsomhed; endvidere at Kondensatorerne og Modstandene i Hjælpestrømsarrangementet er erstattet med et kunstigt Kabel (K K) med nøjagtigt samme Konstanter som det virkelige Kabel, hvorved Opstillingen bliver som Fig. 11. Sluttes Batteriet paa

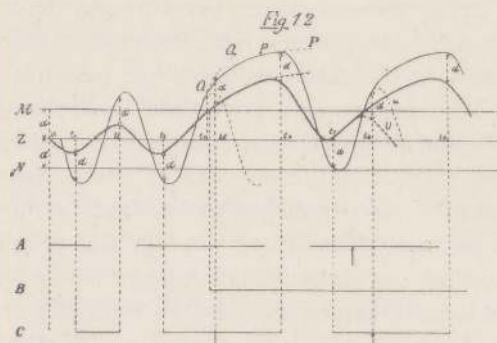


Sendestationen og det lige saa store Relaisbatteri samtidig, saaledes at f. Eks. de positive Poler kommer i Forbindelse med henholdsvis det virkelige og det kunstige Kables Indgang, vil Strømmene gennem Linievindingerne og Hjælpestrømsvindingerne vokse nøjagtig paa samme Maade, og der vil ikke opstaa nogen magnetisk Virkning i Elektromagnetkærnerne; Relaisningen vil derfor forblive mod den positive Kontakt, saa længe begge Strømme vokser, men saa snart Sendebatteriets Poler skiftes, og Liniestrømmen som Følge deraf begynder at aftage, vil Hjælpestrømmen faa Overhaand og føre Ankeret og Tungen over mod den negative Kontakt. Der vil med andre Ord kun komme Magnetisme i Elektromagnetkærnerne, hver Gang Batteripolerne ombyttes paa Sendestationen, og et saadant ideelt Relais vilde altsaa gengive de fra Sendestationen udsendte Signaler korrekt uafhængig af, hvor stærk Forvrængningen var.

Forholdene i en saadan Relaisopstilling svarer, som det vil ses, i det væsentlige til Forholdet i en Differential Dupleksopstilling, og man søger en god Relaisbalance paa lignende Maade som en god Dupleksbalance.

Det almindelige Arrangement (Fig. 10) kan betragtes som en Tilnærmelse til det ideelle Arrangement, idet Kondensatorerne og Modstandene i Hjælpestrømskredsløbet træder i Stedet for det kunstige Kabel. I Fig. 12 er vist Princippet for Elimination af Forvrængningen. Den tykt optrukne Kurve, der viser Morsesignalet for Bogstavet W,

fremstiller Liniestrømmen, som i dette Tilfælde ikke er formet, men har sit naturlige af Kablets Konstanter afhængige Forløb, medens den tyndt optrukne Kurve fremstiller Hjælpestrømmen, der dog altsaa maa tænkes at

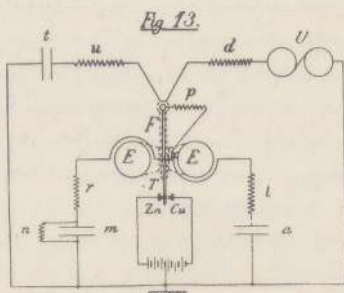


virke i modsat Retning af Liniestrømmen. Antages det for Simpels Skyld ogsaa her, at Linievindingerne og Hjælpestrømsvindingerne er ens, saa er den til Ankerets Omkastning virkende Kraft proportional med Højdeforskellen imellem de to Kurver, og hver Gang denne vokser til Omkastningsværdien  $a$ , kastes Ankeret om, hvilket, naar den rette Relaisbalance er funden, vil ske i de med  $t_1$ ,  $t_2$  og  $t_3$  betegnede Tidspunkter svarende til Priksignaler, men derimod ikke i det efter samme Tidsinterval følgende Tidspunkt  $t_4$ , fordi Liniestrømmen her stiger stærkere svarende til det ankomende Stregsignal. Tungen bliver altsaa her liggende imod den positive Kontakt, og derfor følger Hjælpestrømmen ikke længere den sinusformede Kurve (punkteret), men Kurven P—P, og først til Tiden  $t_5$ , da Liniestrømmen begynder at aftage svarende til Stregsignalets Ophør paa Sendestationen, faar Hjælpestrømmen Overhaand over Liniestrømmen og kaster Ankeret og Tungen over. Derefter aftager ogsaa Hjælpestrømmen saaledes, at den til Tiden  $t_7$  atter formaar at føre Ankeret over. Dersom det efterfølgende Signal er en Prik, sker næste Omkastning til Tiden  $t_8$ , men hvis det er en Streg ikke før til Tiden  $t_9$ , og saaledes fremdeles. Resultatet af Hjælpestrømmens Virkning fremgaar tydelig ved Sammenligning af Signalerne A, B og C, af hvilke A viser de af Transmitteren paa Sendestationen afsendte Signaler, medens B viser det eneste positive Signal, som Relaiset vilde kunne præstere uden Hjælpestrøm, og C det af Relaiset afgivne positive Signal, naar Hjælpestrømmen virker. Forskydningen af C i Forhold til A skyldes Retardationen i Kablet. Af Figuren fremgaar ogsaa, at det, som allerede omtalt, er nødvendigt, at Hjælpestrømmen, naar Vibrationerne standses af et Stregsignal, vokser paa ganske bestemt Maade i Forhold til Liniestrømmen. Hvis Stigningen ved den første Streg i Fig. 12 paa Grund af mangelfuld Relaisbalance f. Eks. foregik efter Kurven Q—Q i Stedet for efter Kurven P—P, vilde Hjælpestrømmen allerede kunne kaste Ankeret over til Tiden  $t_5$  med det Resultat, at Stregen blev for kort eller maaske snarere blev delt i to Dele. Hvorledes det er muligt at ændre denne Stigning i Hjælpestrømskurvens senere Forløb og dog samtidig holde den første Del af Kurven, som er bestemmende for Vibrationshastigheden, uforandret, skal jeg forklare senere.

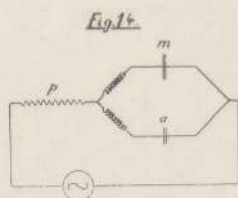
I Praxis benyttes hyppigst for Hjælpestrømskredsløbets Vedkommende den i Fig. 13 viste Modifikation, hvor



Modstanden  $p$  er ført til Midten i Stedet for til Enden af Hjælpestrømsvindingerne. Denne Opstilling, der kaldes Differentialopstillingen i Modsætning til den tidligere viste Serieopstilling, har den Fordel, at den betinger lavere Værdier for  $p$  og derfor egner sig bedre til de sædvanlige Rheostattyper, medens de almindelige Principper for Virkemaade og Indregulering i Hovedsagen er ens for begge Opstillinger.



Jeg skal nu gaa lidt nærmere ind paa nogle særlige Forhold, som er blevet belyst ved de omtalte nyere Undersøgelser. Allerede ved sine første Forsøg noterede Hr. Gulstad og henledte i en af sine Artikler om Relaisets Opmærksomheden paa, at dette for en vis Værdi af Modstanden  $p$  er tilbøjeligt til skiftevis at vibrere med to forskellige Hastigheder og saaledes, at det let slaar over fra den ene til den anden. Dette Forhold lod formode, at der opstaar elektriske Svingninger i Hjælpestrømskredsløbet ved Ind- og Udladninger gennem Kondensatorerne og Relaisvindingerne, som besidder Selvinduktion, og at disse Svingninger under visse Forhold medvirker til Ankerets Omkastning. Formodningerne har fundet Bekræftelse dels ved teoretiske Undersøgelser og dels ved talrige Forsøg. De teoretiske Undersøgelser omfatter bl. a. nogle Beregninger og Betragtninger vedrørende den paa Ankeret virkende Omkastningskraft i Differentialopstillingen, naar denne simplificeres som vist i Fig. 14; Modstandene  $r$  og  $l$

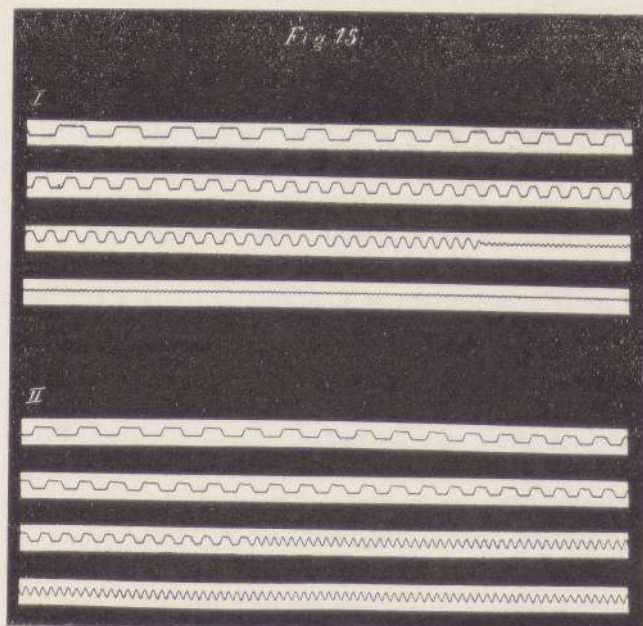


er her Nul, Modstanden  $n$  uendelig, og der er set bort fra Hjælpestrømsvindingernes ohmske Modstand, medens Linievindingerne er udeladt. Endelig er der regnet med en sinusformet Spændingskurve i Stedet for den intermitterende Vekselspænding, som Relaiset afgiver, naar det vibrerer. Resultaterne af disse Beregninger viser, at Svingningerne medvirker til Omkastning af Ankeret, men først naar Spændingskurvens Periodetal er højere end Periodetallet for Egensvingningerne, og at der slet ingen Vibrationer kan opstaa, saa længe førstnævnte Periodetal ligger under denne kritiske Værdi, idet Omkastningskraften da ikke kan faa den rigtige Retning. Dette vil sige, at der i en saadan Opstilling, hvor  $n$  altsaa er uendelig, ikke kan faas langsomme Vibrationer. I det hele taget at faa Relaiset til at vibrere, naar  $n$  er uendelig, er vanskeligt for en endelig Værdi af  $m$  og kræver i hvert Fald, at denne Kondensator skal have en stor Værdi i Forhold til  $a$ , men gø-

res  $m$  uendelig stor ved at kortslutte den, og formindskes derefter  $p$  gradvis fra en stor Værdi, vil det vise sig, at Relaiset pludselig for en vis Værdi af  $p$  giver sig til at vibrere relativt hurtigt, uden at der først fremkommer langsomme Vibrationer, og uden at det er muligt at opnaa saadanne. Bestemmer man nu Svingningstallet efter den sædvanlige Formel, idet der ses bort fra Relaisvindingernes ohmske Modstand, og maaler Vibrationstallet, viser der sig altid temmelig nøje Overensstemmelse mellem de to Værdier men saaledes, at de maalte Værdier i Regelen er lidt lavere end de beregnede. Denne Uoverensstemmelse ligger antagelig dels i Vanskeligheder ved at bestemme Relaisvindingernes Selvinduktion nøjagtigt, naar Ankeret vibrerer, dels i at Kondensator  $t$  virker i Retning af at forøge  $a$  noget, hvorfor den ved saadanne Prøver bør vælges lille, og endelig i at Relaiset ikke afgiver en sinusformet Spænding. Teori og Praksis stemmer altsaa nogenlunde godt med hinanden, hvilket betyder, at Svingningerne og Tungens Vibrationer omtrent maa være i Resonans. Der er iøvrigt den Mærkværdighed, at man, naar Relaiset først er begyndt at vibrere, kan forøge  $p$  ret betydeligt, uden at Vibrationerne standser, men dette maa antagelig skyldes, at Omkastningsværdien, naar Svingningerne først er indledede, naas for en højere Værdi af  $p$ . Gentages Forsøget med en endelig Værdi af  $m$  shuntet med en passende Værdi i  $n$ , medens Linievindingerne stadig holdes isolerede, vil Relaiset for en vis høj Værdi af  $p$ , som vi kan benævne  $P_{\text{Max}}$ , begynde at vibrere langsomt. Den Tid, som under disse langsomme Vibrationer hengaar mellem to Omkastninger, er som tidligere omtalt bestemt ved den Maade, hvorpaa Indladningsstrømmene i  $m$  og  $a$  og Strømmen gennem  $n$  vokser, og er derfor afhængig af  $p$ ,  $n$  og  $r$  samt  $a$  og  $m$ , hvorimod Hjælpestrømsvindingernes Selvinduktion praktisk talt ingen Virkning har. Vibrationerne vil derfor blive hurtigere, dersom Modstandene  $p$ ,  $n$  og  $r$  formindskes og ligeledes, hvis Kondensator  $a$  formindskes, medens Kondensator  $m$  ved disse langsomme Vibrationer virker meget svagt. Ved stadig Formindskelse af  $p$ , vil der komme et Punkt, hvor Vibrationerne pludselig, som vist i Fig. 15 I, slaar over i en meget hurtigere Takt og samtidig bliver ganske regelmæssige, hvilket maa skyldes, at der er opstaaet Resonans mellem Vibrationer og Svingninger, da Maalinger viser, at det paagældende Antal Vibrationer atter svarer nogenlunde til Hjælpestrømskredsens Egensvingninger. Naar Eksperimentet endelig gentages med Linievindingerne sat i Forbindelse med et Kabel og med Kondensator  $c$ , faas ligesom ved det foregaaende Eksperiment en pludselig Overgang fra langsomme til hurtige Vibrationer, men Forskellen imellem de to Hastigheder bliver nu betydelig mindre, hvilket fremgaar af Signalerne i Fig. 15 II, der er tagne under samme Forhold i Medlæsningskredsløbet som Signalerne i Fig. 15 I. I dette Tilfælde kan det ikke uden videre kontrolleres ved Beregning, at der er Resonans, naar de hurtige Vibrationer indtræder; thi den Omstændighed, at Linievindingerne er komne til, gør Forholdene meget komplicerede, men Resultaterne af de nævnte forskellige Eksperimenter udelukker dog formentlig enhver Tvivl herom. Den Værdi af  $p$ , ved hvilken de hurtige Vibrationer opstaar, vil jeg herefter benævne Grænseværdien. De omtalte Svingningers Tilstedeværelse

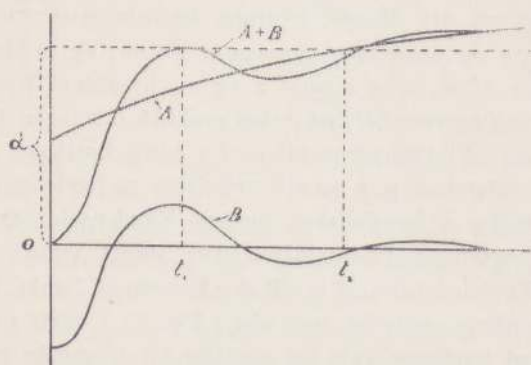


havde vi haabet at kunne paavise ved Hjælp af Oscillograph, men det lykkedes ikke, og jeg kan derfor kun ved nogle skitserede Kurver antyde, hvorledes vi antager, at Hjælpestrømskurven forløber, naar Svingningerne medvir-



ker. I Fig. 16 forestiller Kurven A Indladningsstrømmen gennem m shuntet med n saaledes, som den kan tænkes at vokse med Tiden, dersom der ingen Selvinduktion er i Kredsløbet, i hvilket Fald Strømmen maa begynde med

Fig. 16.



en vis Værdi og efterhaanden vokse til den ved p og n bestemte Værdi. Selvinduktionen bevirker imidlertid, at der opstaar en dæmpet Svingning B, som, naar Modstandene r og l er Nul, maa antages at have det viste Forløb, og som lejr sig over Indladningsstrømmen, hvorved der fremkommer en resulterende Strøm A + B, der begynder ved 0 og naar et første Maksimum til omtrent samme Tid, som Svingningen naar sit første Maksimum. Efterhaanden som Svingningen dør ud, hvilket antagelig i Regelen vil være Tilfældet efter en eller to Perioder, vil Kurven nærme sig den simple Indladningskurve, der alene er bestemmende for de langsomme Vibrationer. Ved Grænseværdien for p maa Hjælpestrømmen antages at have en saadan Styrke, at Omkastningsværdien  $\alpha$  naas paa det Tidspunkt  $t_1$ , da Svingningen har sit første Maksimum, medens denne Værdi, naar Svingningen ikke medvirker, først vil naas til det meget senere Tidspunkt  $t_2$ . Formindskes p under Grænseværdien vokser Vibrationstallet, idet Omkastningsværdien paa Grund af Stigningen i Hjælpestrøm-

mens Styrke naas, inden Svingningen naar sit første Maksimum. Gives p en konstant Værdi under Grænseværdien, vil Vibrationstallet forøges, naar a formindskes, hvilket er naturligt, idet Svingningernes Periodetal vokser; men Forøgelse af Vibrationstallet vil ogsaa indtræde, naar Kondensator m forøges, hvad der synes at være i Modstrid med Svingningsteorien, men Uoverensstemmelsen forklares ved, at Svingningernes Styrke vokser forholdsvis hurtigt med tiltagende m, og at denne Virkning bliver den overvejende. Under Grænseværdien af p spiller Modstanden r og under visse Forhold Modstanden l en betydelig Rolle, idet Indskydelse af r gør Vibrationerne langsommere, hvilket ikke beror saa meget paa Modstandens dæmpende Indflydelse som paa dens retarderende Virkning paa Indladningen i m. Denne Retardation bevirker, at Svingningen naar sit første Maksimum til et senere Tidspunkt efter

Fig. 17.

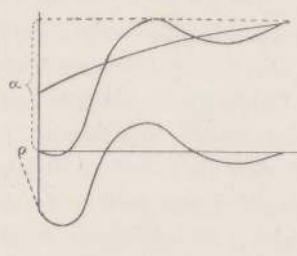
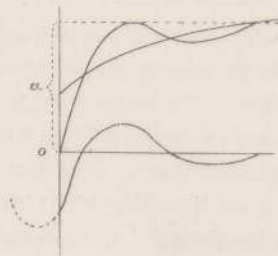


Fig. 18.



Kontaktslutningen, hvilket Forhold er skiseret i Fig. 17. Omvendt virker Indskydelse af l til at gøre Vibrationerne hurtigere, idet Indladningen i a retarderes af l, hvorved Svingningen naar sit Maksimum tidligere, hvilket er skitseret i Fig. 18. r og l har med de Værdier, der anvendes i Praksis ingen væsentlig Indflydelse paa Hjælpestrømmens Styrke, men paavirker altsaa i høj Grad Strømfordelingen gennem a og m. n har praktisk talt ingen Indflydelse paa Svingningernes Styrke og Frekvens og paavirker derfor kun i meget ringe Grad Vibrationshastigheden, naar p er under Grænseværdien, hvorimod den som nævnt har Betydning for de langsomme Vibrationer. Foruden gennem Kontaktforbedring, som jeg allerede har omtalt, medvirker Kondensator t ogsaa paa anden Maade til, at Relaiset giver paalidelige Signaler, idet dens Ladning udfylder smaa Afbrydelser i Signalerne, foraarsagede af mekaniske Vibrationer i Tungen, som ved hurtigt Arbejde utvivlsomt opstaar, og som tydeligt kan ses i Oscillogrammet Fig. 19, der er taget uden Kondensator t, medens Virkningen af t fremgaar af Oscillogrammet Fig. 20.



Som allerede omtalt over Relaisets Liniekredsløb en betydelig Indflydelse paa Vibrationshastigheden, fordi Svingningerne i Hjælpestrømskredsløbet inducerer Svingninger i Liniekredsløbet, hvilke atter inducerer tilbage i



Hjælpestrømskredsløbet. Virkningen gaar i Retning af at gøre Vibrationerne langsommere og desto mere jo større Modtagekondensatoren  $c$  er, men er iøvrigt kun ufuldstændig opklaret.

Af hvad jeg nu har oplyst fremgaar, hvorledes Hjælpestrømskredsløbets forskellige Størrelser indvirker paa Vibrationernes Hastighed, saavel naar  $p$  ligger over som under Grænseværdien. I Praksis arbejdes der altid noget under denne, hvilket er nødvendigt for at faa regelmæssige Prikker, men for Opnaaelse af Maksimum Arbejdshastighed — og navnlig paa lange Kabler — gælder det om at finde en Relaisbalance, i hvilken Forskellen mellem Grænseværdien og den benyttede Værdi af  $p$  bliver saa lille som muligt; thi derved udnyttes Svingningernes Virkning bedst og paa Grund af den Tendens, som Relaiset, naar  $p$  ligger i Nærheden af Grænseværdien, har til at slaa over fra langsomme til hurtige Vibrationer og omvendt, bliver den Kraft, der skal præsteres af Liniestrømmen for at standse Vibrationerne paa behørig Maade, ganske minimal. Ved Arbejde med *Gulstad's* Relais gennem korte Kabler var det en Tid lang vanskeligt at opnaa den til saadanne Kabler svarende høje Arbejdshastighed, fordi  $p$  af Hensyn til Hjælpestrømskurvens Form skulde have en høj Værdi, hvilket er uforeneligt med Opnaaelse af det fornødne Antal Vibrationer, selv om der benyttedes en høj Værdi af  $m$ , men i dette Forhold opnaaedes en meget betydelig Forbedring ved Indførelse af Modstanden  $l$ , der oprindeligt er foreslaaet af Det Store Nordiske Telegraf-Selskabs nuværende Stationsbestyrer i Göteborg Hr. V. Christiansen. Brug af  $l$  bevirker foruden forøget Vibrationshastighed, at  $m$  kan formindskes, hvilket indenfor visse Grænser giver bedre Formning af Hjælpestrømskurven og samtidig falder Grænseværdien for  $p$ . Paa længere Kabler er Nytten af  $l$  derimod mindre udpræget.

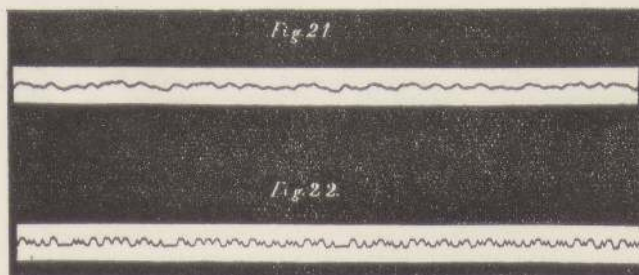
Jeg skal nu kort resumere, hvorledes de forskellige Størrelser virker paa Hjælpestrømskurven i dens Helhed:

En Formindskelse af  $p$  maa forøge Kurvens Stigning i dens hele Forløb, idet baade Svingningens og Indladningsstrømmens Styrke forøges; derimod vil Forandringer i Modstanden  $n$  væsentlig kun influere Kurvens bageste Del, der vil stige desto stærkere jo mindre  $n$  gøres. Kondensatorerne  $a$ ,  $m$  og tildels  $c$  virker hovedsagelig paa Stigningen af Kurvens forreste Del og saaledes, at den bliver desto stejlere, jo større  $m$  og jo mindre  $a$  og  $c$  gøres. Det vil nu forstaas, at det med en vis Relaisbalance opnaaede Antal Vibrationer ogsaa kan faas med en anden Relaisbalance, i hvilken f. Eks. baade  $m$  og  $p + n$  er forandret, men at Stregkurvens Form bliver forskellig i de to Balancer.  $r$  og  $l$  bevirker ved henholdsvis at forsinke og fremskynde Svingningerne, at Kurvens forreste Del forskydes saaledes, at den stiger henholdsvis langsommere og hurtigere. Forud at angive de Værdier, som svarer til størst mulig Arbejdshastighed paa et givet Kredsløb, er paa Teoriens nuværende Standpunkt ikke muligt, men der kan gives visse Reguleringsregler og ved at observere Relais-signalerne paa et Medlæsningsapparat, er det med fornøden Erfaring en nogenlunde let Sag at indregulere til Maksimum Arbejdshastighed. Dette gælder dog kun for Wheastone Systemet, hvis Alfabet er læseligt f. Eks. paa en Undulator, men ikke uden videre for Systemer, der er baserede paa de tidligere omtalte 5 Enheds Alfa-

beter, hvis Bogstaver løber i et uden Mellemrum, og som derfor maa omsættes til Typetryk, inden de kan læses. Dette forekommer mig at maatte være en meget væsentlig Hindring for saadanne Alfabeters Anvendelse ved Arbejde med *Gulstad's* Relais paa Kabelkredsløb, hvor det netop er af stor Betydning for paalideligt Arbejde at kunne læse med og foretage Regulering, saa snart saadan udkræves.

Hvad Formningen af Liniestrømmens Kurve angaar, sker den hovedsagelig ved Hjælp af Kondensatoren  $c$  og Shuntens  $s$ , og bliver desto stærkere, jo mindre Kondensatoren og jo større Shuntens Modstand vælges, idet en Formindskelse af  $c$  foraarsager, at den første Del af Liniestrømmens Kurve, bliver stejlere, medens en Forøgelse af  $s$  bevirker, at den bageste Del af Stregkurven bliver fladere. En lignende Virkning, som af  $s$  opnaas ved at indsætte en Afledning paa Linien umiddelbart foran Relaiset, hvilket vil medføre, at en Part af den bageste Del af Stregkurvens Strøm afledes til Jord, hvorved Stregkurven bliver fladere, og desto mere jo lavere Afledningens Modstand gøres. Naar Afledning benyttes, hvilket næsten altid er Tilfældet i Praksis, bliver Modstanden  $s$  mindre, hvilket maa antages at have nogen gavnlige Indflydelse ved at lette Udladningen af Kondensator  $c$ . Afledningens Virkning bliver endnu mere udpræget, hvis der i Serie med Modstanden indskydes en Selvinduktion, idet den paa lignende Maade som Kondensator  $c$  vil medvirke til at gøre den forreste Del af den modtagne Stregkurve stejlere. De nævnte Midler, som benyttes til Formning af Stregkurverne, bidrager naturligvis ogsaa til at gøre Prikkerne kraftigere i Forhold til Stregerne, hvilket dog er af underordnet Betydning ved Arbejdet med *Gulstad's* Relais, som selv frembringer Prikkerne.

Formning af Signalerne opnaas altid kun paa Bekostning af deres Størrelse, og det betaler sig ikke at gaa for vidt i denne Retning f. Eks. ved at formindskes  $c$  under en vis Værdi, idet der vindes mere ved en moderat Formning og en dertil svarende Afpasning af Hjælpestrømskurven. I denne Forbindelse vil jeg ikke undlade at nævne, at Forstærkere, med hvilke vi for Tiden eksperimenterer, synes at aabne Muligheder for yderligere Forøgelse af Arbejdshastigheden ved Modtagning paa *Gulstad's* Relais, idet en videregaaende Formning af Signalerne bliver mulig, naar Forstærkning benyttes.



Et Indtryk af Relaisets Præstationer i Praksis kan faas ved Sammenligning mellem Fig. 21 og 22, som viser henholdsvis Signaler modtagne paa en fint indreguleret Undulator med en Hastighed paa ca. 100 Ord pr. Minut gennem et ca. 1000 Kilometer langt Kabel og de tilsvarende Signaler modtagne paa *Gulstad's* Relais og videre-sendt gennem en Modstand til en Undulator.



Inden jeg slutter mit Foredrag, vil jeg omtale, at Hr. *Gulstad's* Opfindelse har haft stor Betydning for Det Store Nordiske Telegraf-Selskab ved at muliggøre først direkte Arbejde paa høj Hastighed mellem vigtige Telegrafcentre og senere Indførelse paa Kabelkredsløbene og paa lange Landliniekredsløb af automatiske Modtageapparater, i hvilke Telegrammerne maskinkopieres med høj Hastighed. I Aarenes Løb har Relaiset desuden gaaet sin Sejrsgang over næsten hele Verden, idet den ene fremmede Telegrafadministration efter den anden og mange af de store Kabelselskaber efterhaanden har indført det paa deres Kredsløb. Dets Betydning understreges bl. a. ved, at Dobbeltstrøms-Morse-Alfabetet i de senere Aar af

Hensyn til Indførelse af *Gulstad's* Relais og automatiske Modtageapparater har fortrængt Kabel-Morse-Alfabetet fra adskillige Kabelkredsløb, skønt sidstnævnte Alfabet er ikke uvæsentlig kortere end førstnævnte. I Øjeblikket er Efterspørgselen hos Selskabets mekaniske Værksted paa *Gulstad* Relais større end nogensinde tidligere, og der synes ikke at være Tvivl om, at Opfindelsen har vedblivende ja endogsaa voksende Betydning, skønt Relaiset allerede har været i Brug i 25 Aar. Dette synes jeg maa være en stor Tilfredsstillelse for Hr. *Gulstad*, hvis Navn fortjener at bevares blandt Elektroteknikere i Forbindelse med hans betydningsfulde og smukke Opfindelse.



## Blymantlarna hos telefonkablar.

Av byråingeniör, Dr. David Stenquist.

### I.

Ursprungligen använde man rent bly till kabelmantlar. Emellertid ha mantlar av rent bly ej i tillräcklig hög grad den erforderliga brotthållfastheten och hårdheten. En större hårdhet och brotthållfasthet vore önskvärda, utan att tånjbarheten minskades för mycket. Man övergick därför snart till en legering av bly och tenn, innehållande  $2\frac{1}{2}$ — $3\frac{1}{2}$  p:ct. av den senare metallen.

Under den stora brist på sparmetaller spec. tenn, som rådde under krisåren, uppdrog K. Telegrafstyrelsen åt mig att söka finna något ersättningsmedel för tennet i kabelmantlarna. På grund härav utförde jag under senare delen av 1917 samt förra hälften av 1918 en del undersökningar på Telegrafverkets provningsanstalt för att finna ett dylikt ersättningsmedel. Efter försök med olika metaller visade sig magnesium lämpligt. Den mängd magnesium, som erfordrades för att erhålla en legering med den nödvändiga brotthållfastheten, hårdheten och tånjbarheten är ytterst ringa i jämförelse med den mängd tenn, som behövs, då denna metall användes. Den funna legeringen innehåller endast omkring 0,05 procent magnesium.

Som provkabel tillverkades under våren 1918 på K. Styrelsens föranstaltande av Sieverts Kabelverk en 200-trådig luftkabel med mantel med nyssnämnda sammansättning, nämligen 99,96 p:ct. bly och 0,04 p:ct. magnesium samt 2 mm:s godstjocklek<sup>1)</sup>. Av denna kabel upphängdes omedelbart en del om c:a 125 m längd på bärlina och inkopplades i trafik. Vid den besiktning, som företogs å densamma efter två år visade den sig fortfarande hänga lika rak mellan kabelhankarna som omedelbart efter upphängningen, och förededde mantelytan i övrigt inga som helst förändringar. Å den andra delen om c:a 147 m längd, som under samma tid legat indragen i kabeltuber i gatan, syntes likaledes inga som helst förändringar från tiden för utläggningen, och visade sig därvid att sladden, som legat i vatten i en kabelbrunn och där blivit betäckt med slamm, ävenledes var fullständigt oförändrad och utan anmärkning. Hopskarvning av mantlarna sker även lika lätt med åvannämnda kabel som vid hittills brukade kablar med mantlar av bly och tenn.

### II.

För att finna den rätta magnesiumhalten har förfarits på följande sätt. Serier av magnesium-blyplåtar med varierande magnesiumhalt tillverkades. Proven un-

derkastades sedan dels kemisk analys dels vissa mekaniska prov<sup>2)</sup>.

Brotthållfastheten bestämdes med en mindre slitmaskin från L. Amsler-Laffon & Son, Schaffhausen. På denna maskin kunde belastningar upp till 200 kg. avläsas och dess avläsningsskiva är indelad i halva kg. Provpåtarna, som i allmänhet voro 3 mm tjocka, skuros i remsor av 7 mm:s bredd. Härtill användes en plåtsax, med vilken erhöles remsor, vilkas bredd varierade på mindre än 0,1 mm. För att erhålla tvärsärningsarean och därmed brotthållfastheten pr. mm<sup>2</sup> ha remsornas bredd och tjocklek uppmätts med mikrometerskruv. Även tånjbarheten (d. v. s. förlängningen i procent av ursprungliga längden vid provets bristning) har bestämts med Amsler-Laffon's maskin. För att få reda på provens hårdhet har en modifikation av Brinell's metod kommit till användning. Brinell's metod består däri att en kula av härdat stål inpressas med bestämt tryck i ytan av den kropp, som skal undersökas. De använda provbitarna utgjordes i detta fall av kuber med 2 cm:s sida. Experimenten utfördes med en av mig 1906 konstruerad liten apparat, som kunde appliceras på den ovan omnämnda slitmaskinen. Diametern hos det erhållna kulintrycket uppmättes med ett med skala försett mikroskop. Dividerar man trycket i kg med kulintryckets yttinnehåll i mm<sup>2</sup> erhåller man ett tal — det Brinellska hårdhetstalet — som anger trycket i kg. pr mm<sup>2</sup>. Mättningsresultaten äro schematiskt framställda i fig. 1. A framställer sambandet mellan mag-

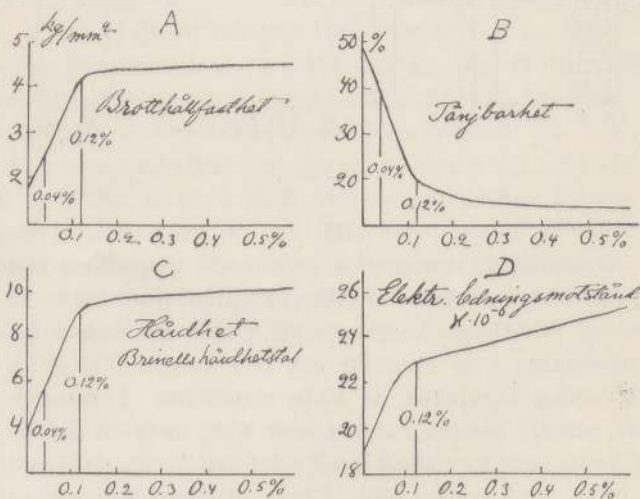


Fig. 1.

nesiumhalten och brotthållfastheten. Rent bly har en brotthållfasthet av 1,75 kg pr mm<sup>2</sup>. Vid tillsats av små magnesiummängder stiger brotthållfastheten hastigt men

<sup>1)</sup> Magnesiummetallen var från Ingeniör D. Bergman's fabrik i Trollhättan. En stor del av provstyckena legerat bly framställdes på samma fabrik. Vissa provstycken voro från Svenska Metallverken i Västerås och Finspongs metallverk.

<sup>2)</sup> De kemiska analyserna hava utförts av Professor J. Petré och Docenten A. Grabe. Linjeförmannen E. Karlson har biträtt vid de mekaniska och elektriska provningarna.



proportionellt med den tillsatta magnesiummängden upp till 0,12 p:ct. magnesium. Tillsättes mera magnesium, stiger brotthållfastheten fortfarande men mycket långsamt. Kurvan är nu nästan parallel med absciss-axeln. Ett tydligt knä på kurvan finnes vid 0,12 p:ct. magnesium. Vid 0,04 p:ct. magnesium har legeringen en brotthållfasthet på 2,5 kg/mm<sup>2</sup>, ett värde som överstiger motsvarande siffror för bly med 3 p:ct. tenn, vilken sistnämnda legering har en brotthållfasthet uppgående till 2,34 kg/mm<sup>2</sup>. I B och C återfinner man kurvorna för tånjbarhet och hårdhet. Dessa kurvor ha likartade förlopp med brotthållfasthetskurvorna. Rent bly har en tånjbarhet uppgående till 48 p:ct. och en hårdhet, som är 3,6 uttryckt i Brinell's hårdhetstal. Även dessa kurvor äro mycket branta i början och ha utpräglade knän vid 0,12 p:ct. magnesium. Vid 0,4 p:ct. är tånjbarheten 38 p:ct. och Brinell's hårdhetstal 6,1. Motsvarande siffror för bly med 3 p:ct. tenn äro 40 p:ct. och 6,4 resp. I följande tabell har jag sammanfört siffrorna på de mekaniska egenskaperna för den nya legeringen, för en legering av bly med 3 p:ct. tenn samt för rent bly.

| Tabell 1.                     |                                   |                             |          |
|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|----------|
|                               | Magnesium-legerat bly<br>0,4 % Mg | Tennlegerat bly<br>3 % tenn | Rent bly |
| Brotthållfasthet kg.          |                                   |                             |          |
| pr. mm <sup>2</sup> . . . . . | 2,50                              | 2,34                        | 1,75     |
| Tånjbarhet % . . . . .        | 38                                | 40                          | 48       |
| Brinell's hårdhetstal . .     | 6,1                               | 6,4                         | 3,6      |

Bly legerat med 0,04 p:ct. magnesium har således ganska nära samma egenskaper som bly med 3 p:ct. tenn<sup>1</sup>).

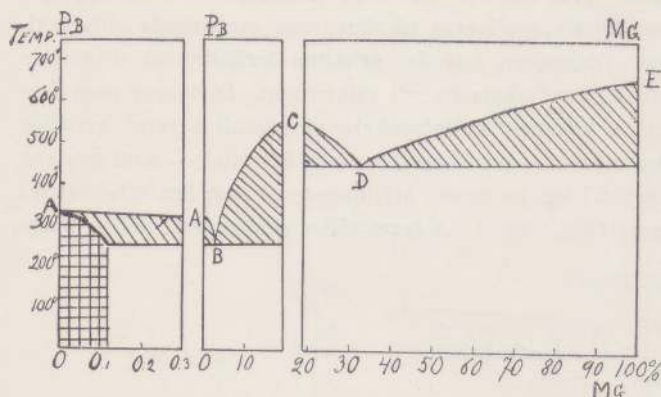


Fig. 2.

### III.

Redan 1867 undersökte Parkinson magnesium-blylegeringarnas allmänna egenskaper. Han framställde en legering med 10 p:ct. magnesium genom att smälta beståndsdelarna i en atmosfär ren torr vätgas. Vid mörk rödgöldning hopsmälta de båda metallerna. Legeringen hade ungefär samma hårdhet som zink, hade ett finkornigt brott samt blev snart svart i det den överdrogs av ett oxidskikt med denna färg. Utsatt för luftens inverkan föll legeringen sönder i ett svart oxidpulver, uppblandat med något metall. Ett mera fullständigt smältdiagram utarbetades emellertid först 1905 av Grube. Samtidigt med

<sup>1</sup>) Patent å kabelmantel av bly med magnesium (0,01—0,1 %) är meddelat i Belgien, Danmark, Holland, England, Frankrike, Italien, Japan, Norge, Sverige, Spanien, Tyskland och U. S. A.

Grube's försök utfördes ganska ingående undersökningar över magnesium-blylegeringar av N. S. Kurnakow och N. J. Stepanov. Enligt Grube bilda magnesium och bly en kemisk förening PbMg<sub>2</sub>, som smälter vid 551°. Smältdiagrammen i mitten och längst till höger i fig. 2 återge resultaten av nysnämnda undersökningar under det diagrammet längst till venster i samma figur är resultatet av den här föreliggande undersökningen. Punkten E motsvarar smältpunkten för rent magnesium och A smältpunkten för rent bly. Grenen DE anger början av utskiljandet av rent magnesium samt grenen CD utskiljande av den kemiska föreningen PbMg<sub>2</sub>. I den eutektiska punkten D stelner smältan till en blandning av magnesiumkristaller och PbMg<sub>2</sub>-kristaller. I mittdiagrammet sker utskiljande av PbMg<sub>2</sub>-kristaller utefter kurvan CB. Inom området till venster om B kunna två fall inträffa. För magnesiumhalter över ett visst värde utkristalliserar blykristaller ur smältan, för magnesiumhalter under detta värde är magnesium lösligt i bly, så att något utskiljande av denna kristallsort ej äger rum, såsom i det följande närmare skall visas.

### IV.

För att i viss mån ersätta de kemiska analyserna uppmättes det elektriska ledningsmotståndet för en serie prov med olika magnesiumhalt. Resultaten äro återgivna under D fig. 1. Till sitt ursprungliga ändamål voro dessa mätningar mindre användbara. Däremot visade de sig vara av intresse på så sätt, att de bidrogo till att klarlägga de olika legeringarnas konstitution. Mätningarna utfördes dels på cylindriska, dels på parallelopipediska stavar med användande av Thomson's dubbelbrygga. Om hos ett system några fasta lösningar ej förekomma och således de båda metallerna bilda en serie heterogena blandningar av de båda kristallsorterna, så framställde sambandet mellan den elektriska ledningsförmågan och sammansättningen med en i det närmaste rät linje. Förekomma däremot fasta lösningar, har kurvan för sambandet i fråga ett annat förlopp. De punkter på kurvan, där lösligheten upphör, igenkännas på tydligt framträdande riktningsförändringar. Samma sak gäller för kurvorna för brotthållfasthet, hårdhet etc. Redan av kurvorna för de mekaniska egenskaperna (fig. 1) kan man draga slutsatsen att magnesium är lösligt i bly upptill en procenthalt om 0,12 p:ct. De mätningar, som blivit utförda för det elektriska ledningsmotståndet, bestyrka detta. Även här har kurvan ett knä vid 0,12 p:ct. Man kan alltså komplettera det hittills kända tillståndsdigrammet med ett område för magnesiums löslighet i bly. Motsvarande del av diagrammet skulle då få det utseende, som bilden längst till venster i fig. 2 anger. Inom det rutade området är magnesium fullständigt löst i bly.

Undersökningarna över elektriska ledningsmotståndet gävo ytterligare ett resultat. Motståndet hos blyprov med mycket små magnesiumtillsatser visade sig nämligen ha mindre ledningsmotstånd än prov som ej blivit behandlade med magnesium. Även de i litteraturen angivna siffrorna för »rent» bly äro större än de av mig funna med ytterst små magnesiumhalter. Så erhöles för bly till vilket blivit satt ett spår magnesium ett ledningsmotstånd

$$\kappa = 18,6 \cdot 10^{-6}$$



under det medeltalet för föregående undersökningar för »rent» bly ger

$$\kappa = 21,5 \cdot 10^{-6}.$$

Förklaringen torde vara, att »rent» bly innehåller dels något oxid, dels okluderat syre. Syre såväl i form av oxid som i fritt tillstånd ökar väsentligt ledningsmotståndet. Genom magnesiumtillsatsen försvinner såväl de elektriciteten dåligt ledande oxidhöljerna omkring molekyllarkomplexen som det okluderade syret i mellanrummen. Elektricitetsledningen förbättras härigenom. Tillsättes mera magnesium än det, som behöves för syrets oskadliggörande ökas åter ledningsmotståndet. Värde 18,6 · 10<sup>-6</sup> skulle således vara ett riktigare värde på rent blys ledningsmotstånd än det hittills antagna värdet 21,5 · 10<sup>-6</sup>.

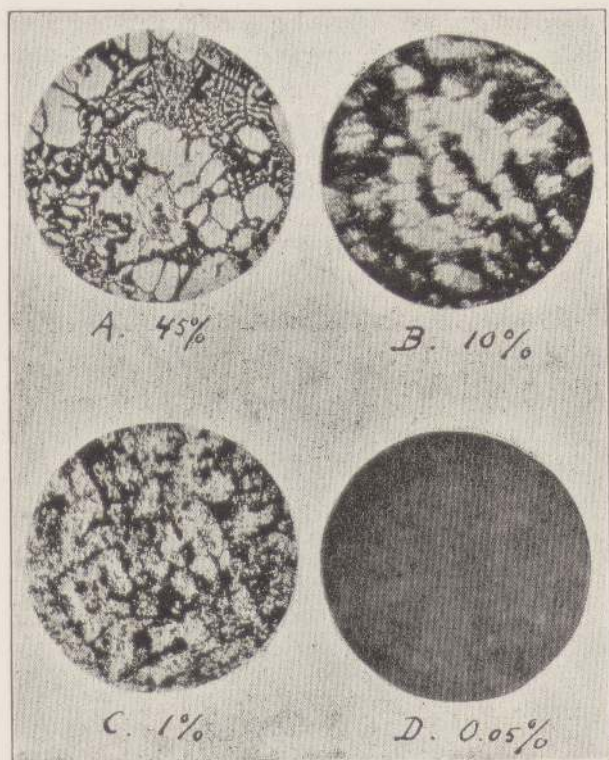


Fig. 3.

Blyet undergår en slags härdningsprocess genom magnesiumtillsatsen på samma sätt som koppars mekaniska egenskaper förbättras genom små tillsatser fosfor vid fosforbronstillverkningen. Gaser lösta i metaller inverka ofta kraftigt på den elektriska ledningsförmågan, ett förhållande, som man kan förutse emedan de gasformiga beståndsdelarna kunna uppta en stor del av volymen i en legering, även om motsvarande viktsmängd är ganska liten. Så har man funnit, att metallen tantal genom glöd-

ning i väte kan uppta nära en halv viktsprocent väte. Härigenom fördubblas dess elektriska ledningsmotstånd.

## V.

I fig. 3 återgivas dels tre fotografier av slipprov enligt Grube, dels en fotografi av ett slipprov av den av förf. framställda legeringen med 0,05 p.ct. magnesium.

A) visar sammansättningen hos en legering med 45 p.ct. magnesium. Man ser här mycket bra de primärt urskilda vita magnesiumkristallerna, omgivna av tämligen stora partier eutektikum, vilka bestå av magnesium och den kemiska föreningen PbMg<sub>2</sub>. På några ställen ser man eutektikums vackra lamellartade struktur.

B) är ett fotogram av ett slipprov innehållande 10 p.ct. magnesium, på vilket den kemiska föreningen PbMg<sub>2</sub> som grå kristaller, vilka äro starkt oxyderade i kanterna.

C) är ett fotogram av ett slipprov med 1 p.ct. magnesium. Man ser här primärt avskilda gråvita blykristaller, omgivna av svart eutektikum, vilket sistnämnda består av Pb och PbMg<sub>2</sub>.

D) är en av ingenjör Michelsen vid Nordiska Kabel- och Trådfabriken i Köpenhamn framställd fotografi av ett slipprov innehållande 0,05 p.ct. magnesium. Här synes all struktur hava försvunnit. Fotogrammet föreställer ju också en fullständigt homogen kropp.

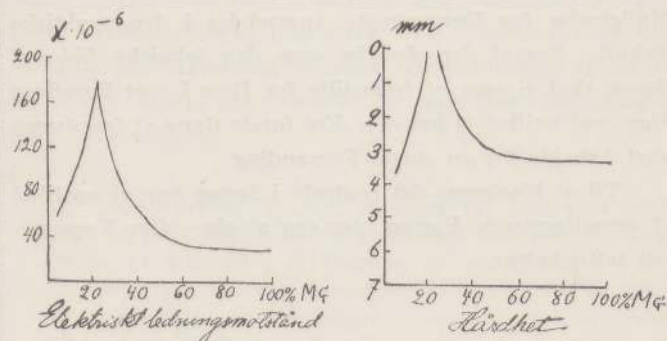


Fig. 4.

## VI.

Ehuru ej direkt hörande till ämnet för denna undersökning återgivas till sist här två diagram (fig. 4) den ena framställande sambandet mellan magnesiumhalt och hårdhet, den andra sambandet mellan magnesiumhalt och elektriskt ledningsmotstånd för alla magnesiumhalter upp till 100 p.ct. Mg. enligt av mig utförda mätningar. Kännedom av dessa diagram är av betydelse, då det gäller att erhålla en lämplig förlegering, innan man går till framställande av den slutliga för kabelmantlarna avsedda legeringen med den ytterst ringa magnesiumhalten.



## Et fysisk Fænomen og dets Anvendelse i Telegrafien og Telefonien m. m.

Af Ingeniørerne A. Johnsen og K. Rahbek.

I September 1917 gjorde Foredragsholderne ved nogle Forsøg over Telefoni den Iagttagelse, at der i visse Tilfælde ved elektrisk Strømovergang mellem to faste Lege-mer optræder en kendelig Vedhængning mellem Lege-merne, saa længe Strømovergangen finder Sted. De første herhen hørende, iagttagne Fænomener var overordentlig svage og blev konstaterede udelukkende ad akustisk Vej, idet vi navnlig iagttog, at der optræder en svag Lyd, naar en Finger stryges hen over en Metalgenstand, medens en Vekselstrøm af akustisk Periodetal passerer Berøringsstedet mellem Fingeren og Metallet. Forsøg, som tog Sigte paa nærmere Studium og Forklaring af dette Fænomen, og hvorved de forskelligste Stoffer blev undersøgt, resulterede hurtigt i, at der opnaaedes kraftige og udprægede Virkninger. Ved fortsat Arbejde viste der sig adskillige Muligheder for Fænomenets Anvendelse i den praktiske Teknik. Saavel den fysiske som den tekniske Side af Sagen skal vi søge at fremstille for Dem i vort Foredrag idag, ved hvilket vi har den Ære første Gang at fremlægge vort Arbejde for en større Forsamling.

Til at klarlægge det centrale i Sagen har vi opstillet et grundlæggende Forsøg, der saa at sige viser Fænomenet i Renkultur.

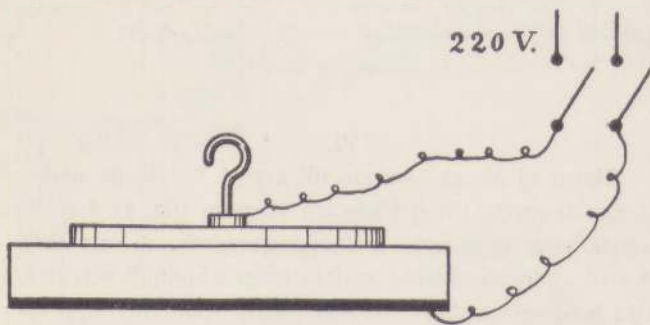


Fig. 1.

Demonstration 1. Til Demonstration benyttes et Stykke litografisk Sten af ca. 1 cm Tykkelse (se Fig. 1), hvis Underside er metalbelagt (forgylt med Bladguld) og forsynet med en Tilledning af tynd Kobbertraad. Stenens Overflade er plan og glat, og herpaa hviler en ligeledes plan Messingskive, som er forsynet med den anden Strømtilledning. De to Tilledninger er ført umiddelbart til By-nettet, saaledes at der, naar en Afbryder slutes, direkte tilføres Anordningen 220 Volt Jævnstrøm. Da Stenens Materiale er temmelig slet ledende, optræder der herved kun en ringe Strøm. Man vil da bemærke, at Stenen og Skiven, naar Strømmen slutes, hæfter saa fast sammen, at Stenen følger med, naar Metalskiven løftes; holder man Metalskiven skraat, bemærker man, at der ogsaa er en betydelig Modstand mod Glidning til Stede. Afbrydes Strømmen, forsvinder Vedhængningen fuldstændigt. (Ved den foretagne Demonstration var Metalskivens Diameter

5 cm og den optrædende Strømstyrke af Størrelsesordenen  $10^{-6}$  Amp.)

Der er en Del Lighedspunkter mellem denne Anordning og en Elektromagnet; den ringe Strømstyrke, som optræder ved den nye Anordning, medfører, at den i visse Tilfælde med Fordel kan anvendes i Stedet for en elektromagnetisk Anordning. En væsentlig Forskel ligger dog deri, at en Magnet udsender Kraftlinier i Rummet, derfor kan tiltrække sit Anker fra en vis Afstand og saaledes er i Stand til at udføre et kendeligt mekanisk Arbejde, me-

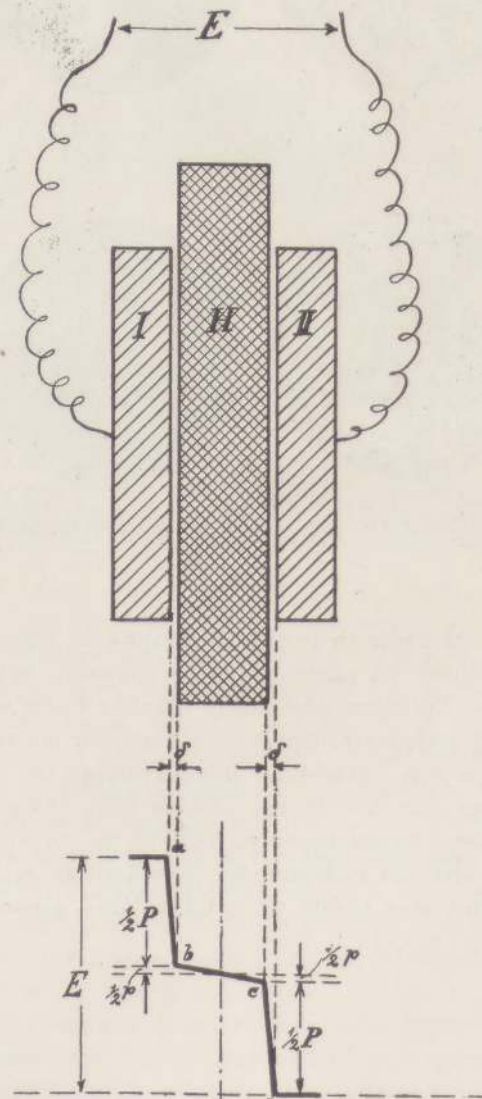


Fig. 2.

dens Stenen og Metalskiven ikke tiltrækker hinanden med nævneværdig Kraft, naar de ikke direkte berører hinanden. Denne Omstændighed er af afgørende Betydning for Konstruktionen af de Apparater, hvori Princippet anvendes.



For Vedhængningsfænomenet har vi fremsat følgende Teori. Lad i Fig. 2 H betyde en litografisk Sten, som er indesluttet mellem to Metalskiver I og II, der begge er i Berøring med Stenen. Kun for Tydeligheds Skyld er der i Figuren antydnet et Luftrum  $\delta$  paa begge Sider af Stenen. Meddeler man Metalskiverne en elektrisk Spændingsforskel E, vil der gaa en vis ringe Strøm igennem Anordningen, og Spændingsfordelingen vil omtrent blive som antydnet ved den brudte Linie abcd. Medens Spændingsfaldet p i selve Stenen kun er faa Procent af Spændingen E, vil den overvejende Del af Spændingen E lejre sig som et Spændingsfald  $\frac{1}{2}P$  ved hver af Stenens Overflader. Denne Spændingsfordeling skyldes, at Overgangsmodstandene mellem Stenen og Metalskiverne langt overvejer Stenens indre Modstand, selv om Stenens Tykkelse er betydelig (flere cm). De ved Overfladerne optrædende bratte Spændingsfald forårsager en betydelig elektrostatisk Tiltrækning mellem hver af Stenens Overflader og den tilstødende Metalskive.

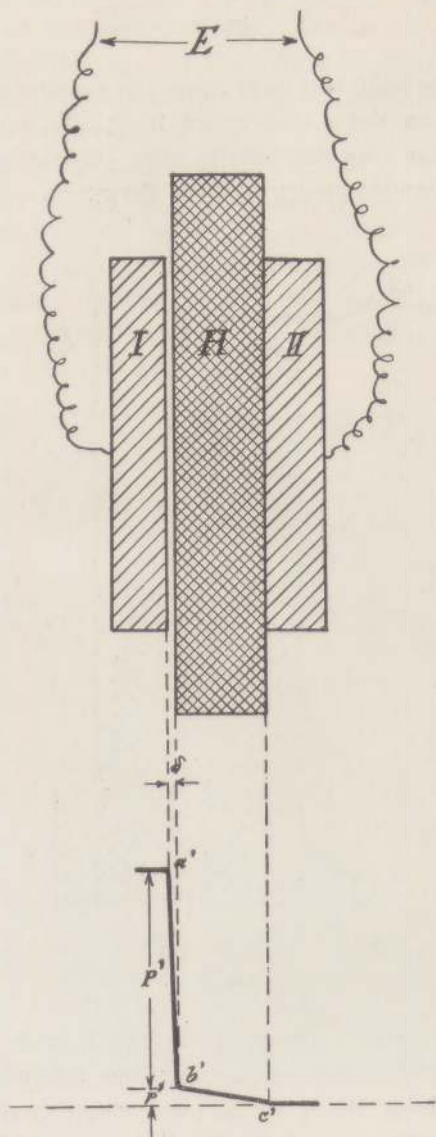


Fig. 3.

Dersom en af Metalskiverne, f. Eks. II (se Fig. 3) bringes i inderlig elektrisk Forbindelse med Stenen, f. Eks. ved Hjælp af et ledende Klæbemiddel, optræder der paa dette Sted ingen Overgangsmodstand af Betydning. Spændingsfordelingen bliver i dette Tilfælde som antydnet ved den brudte Linie a'b'c'; bortset fra det lille Spændings-

fald p' i selve Stenen lægger hele Spændingen sig som P' i dette Tilfælde mellem Metalskiven I og Stenens tilstødende Overflade, hvorved en større Tiltrækning opnaas end i det i Fig. 2 antydte Tilfælde.

At Spændingsfordelingen virkelig er som beskrevet, bekræftes ved Potentialmaalinger med elektrostatisk Voltmeter.

Betingelserne for hele Fænomenets Optræden er altsaa, at det mellem Skiverne indskudte Stof, i dette Tilfælde den litografiske Sten, besidder en forholdsvis ringe indre Modstand, men frembyder en betydelig Overgangsmodstand overfor berørende faste Legemer. Saadanne Legemer vil i det følgende blive benævnt Halvledere. Som udprægede Eksempler paa saadanne skal vi, foruden den litografiske Sten, anføre: Adskillige Skifersorter, Fedtsten, forskellige Marmorsorter, Flint og Agat m. fl.; endvidere Gelatine, Kollodium, forskellige dyriske Hinder, visse Papiersorter, Ben og Elfenben, flere Slags Træ, o. a. Ogsaa den menneskelige Hud viser i nogen Grad de omtalte Egenskaber, hvorved Fremkomsten af det i Begyndelsen omtalte akustiske Fænomen forklares.

I Modsætning til Forholdene ved en almindelig Kondensator med indskudt Dielektrikum af isolerende Stoffer, saasom Glas, Ebonit, Glimmer og lignende, hvor der mellem Belæggningerne optræder en Tiltrækning, som er omvendt proportional med Kvadratet paa Dielektrikets Tykkelse, er den ovenfor beskrevne Overfladetiltrækning for en given Klemspænding praktisk talt uafhængig af Halvlederens Tykkelse paa Grund af det ringe indre Spændingsfald i Halvlederen.

Demonstration 2. Med en 3 cm tyk litografisk Sten med forgyldt Underside og plansleben Overside, hvorpaa hviler en Metalskive af Diaméter 5 cm, opnaas ved en Spænding paa 440 Volt Jævnstrøm en Tiltrækning af mere end 1 Kilogram. Tiltrækningen maales ved Afvejning, idet Metalskiven er ophængt i en Skaalvægt.

Dette Forsøg viser umiddelbart hen til Konstruktionen af et Nulspændingsrelais.

Endnu større Tiltrækning og ved betydelig lavere Spænding opnaas, naar der i Stedet for den litografiske Sten anvendes fint-poleret Agat.

Som tidligere omtalt foranlediger Tiltrækningen ved Halvlederens Overflade en forøget Friktion mellem denne og den berørende Metalskive. Paa Grundlag af denne Friktion lader der sig konstruere en Række af Apparater med de forskellige Formaal, f. Eks. Telefoner, Telegrafapparater, Relais, m. fl., og alle disse Apparater udviser en meget betydelig Følsomhed og Kraft i Forhold til den elektriske Energi, der styrer dem.

Princippet for disse Apparater fremgaar af Fig. 4, hvor H er en hul Cylinder af halvledende Materiale, f. Eks. Agat, indvendig forsynet med en fastklæbet eller faststøbt Metalbelægning II. Cylinderen holdes i Rotation i Pilens Retning ved Hjælp af et Urværk eller en Motor. Om Cylinderen er lagt et tyndt og bøjeligt Metalbaand I, som ved a er fastholdt af den stærke Fjeder P, og som holdes stramt ved Hjælp af den svagere Fjeder p. Meddeles der gennem Tilledninger til I og II Anordningen en elektrisk Spænding, vil Friktionen mellem Cylinderen og Metalbaan-



det I forøges, hvorved Punktet a flyttes til højre paa Figuren, idet Fjederen P strammes; omvendt vender Punktet a tilbage til sin Udgangsstilling, naar Spændingen forsvinder. Tilkobles der ved Punktet a en Membran, bevæges denne altsaa i Overensstemmelse med Variationerne i den tilførte Spænding, saaledes at Apparatet virker som en Telefon. Anbringer man derimod ved a en Skrivestift, kan Apparatet fungere som Telegrafapparat. Endelig kan man ved Anbringelse af passende Kontaktanordninger fremstille Relais af forskellig Art.

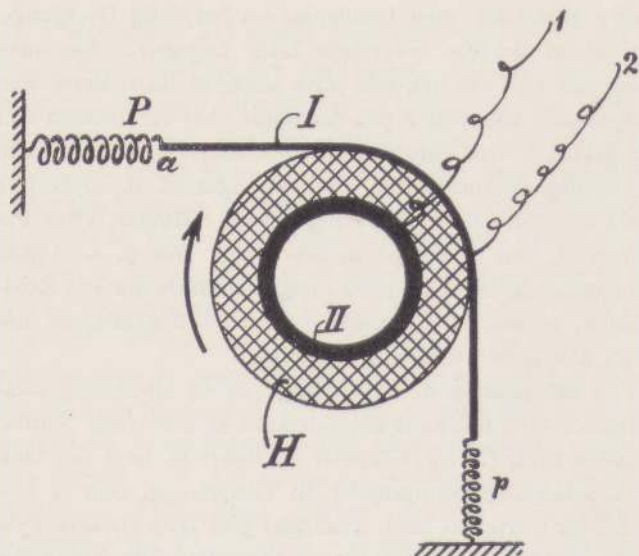


Fig. 4.

Ved Apparater af denne Art er de Kraftvariationer, der paavirker Baandet, af Størrelsesordenen 1 Kilogram ved Spændingsvariationer paa 50 Volt, et Strømforbrug af Størrelsesordenen  $10^{-5}$  Amp. og et Berøringsareal mellem Cylinder og Baand paa ca. 5 cm<sup>2</sup>.

I visse Tilfælde, hvor man ønsker at benytte en bøjelig Halvleder, som er slynget om en Metalcylinder, bliver Anordningen som skitseret i Fig. 5, hvor I er en Metalcylinder, H Halvlederen og II en paa Halvlederen fastklæbet tynd Metalbelægning (Forgyldning).

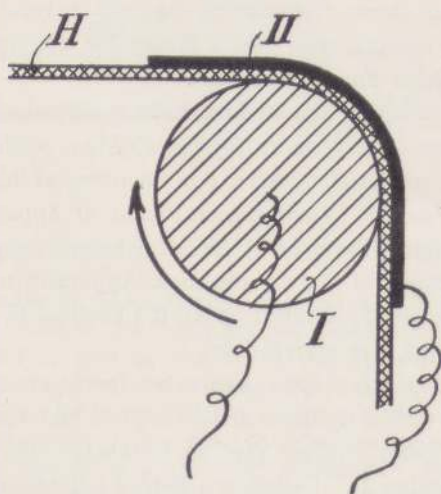


Fig. 5.

I Stedet for Cylinderformen kan i visse Tilfælde med Fordel anvendes Skiveformen, se Fig. 6, hvor H er en roterende, skiveformet Halvleder, paa Undersiden forsynet med Metalbelægningen II, medens I er en plan Metalplade,

som er mekanisk forbundet med de Organer, som ønskes styret.

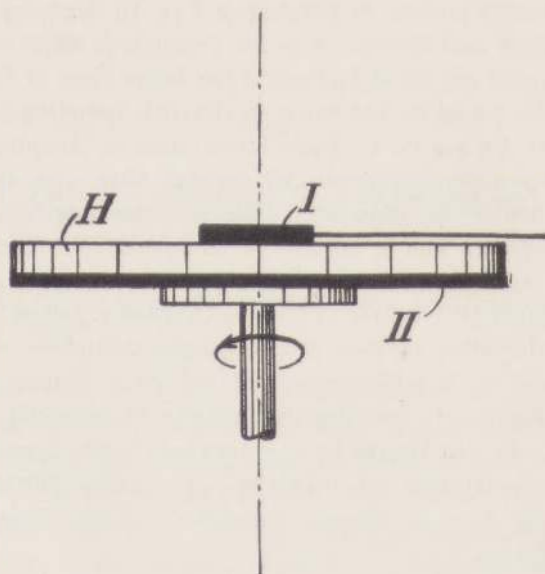


Fig. 6.

Ved de hidtil beskrevne Apparater benyttes en Hjælpkraft fra en Motor eller anden Drivkraft. I et specielt Tilfælde kan man dog benytte selve Tiltrækningen til direkte at frembringe den ønskede Bevægelse.

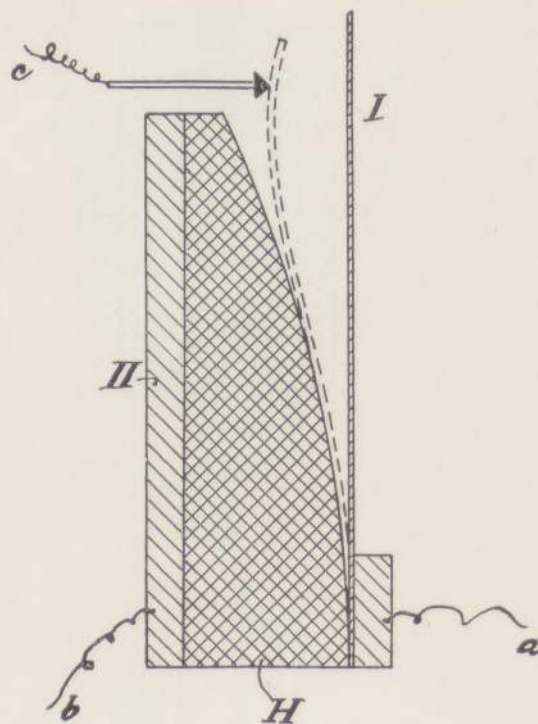


Fig. 7.

Halvlederen H formes da (se Fig. 7) med cylindrisk buet Overflade. Den er paa Bagsiden forsynet med en Metalbelægning II. I er en plan, meget tynd, elastisk Metalstrimmel, som ved sin ene Ende tangerende berører Halvlederens buede Overflade. Tilfører man I og II en passende Spændingsforskel, vil der i umiddelbar Nærhed af Berøringsstedet mellem I og H, hvor Luftrummet er forsvindende, optræde en betydelig Tiltrækningskraft, som bevirker en Bøjning af Strimlen paa dette Sted. Herved vil i nye Punkter det samme Fænomen optræde, og saa fremdeles, indtil Strimlen i hele sin Længde er bøjet ind



til Halvlederen, som antydtes punkteret paa Figuren. Anbringes som vist Kontakter ved Strimlens frie Ende, kan Anordningen benyttes som elektrostatiske Relais, anvendeligt til specielle Formaal. Imidlertid kan selve Bevægelsen af Strimlen benyttes som Kendetegn paa Spændingens Tilstedeværelse, saaledes at Apparatet kan benyttes som Elektroskop.

Princippet for et saadant Elektroskop kan let demonstreres ved følgende Eksperiment (se Fig. 8). Et tyndt

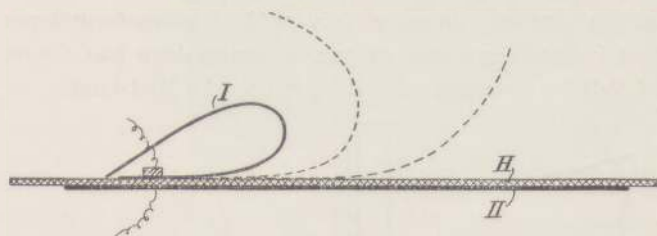


Fig. 8.

glat Gelatineblad H forgyldes paa Undersiden II; paa Bladets Overside anbringes i den i Figuren viste ombøjede Stilling en Strimmel glat, tyndt Tinfole I. Tilfører man Metalbelægningerne I og II en Spændingsforskel paa 220 Volt, vil Strimlen I med en rullende Bevægelse lægge sig hen ad Gelatinebladet.

Paa Grund af de forholdsvis store Kræfter, som er virksomme i et Elektroskop af ovennævnte Art, kan man i Apparatet benytte en Metalstrimmel, som er stiv nok til at bære sin egen Vægt, saaledes at Apparatet virker i enhver Stilling. Herved er det blevet muligt at konstruere et Lommeelektroskop, som er anvendeligt ved Lavspænding (ca. 70—700 Volt).

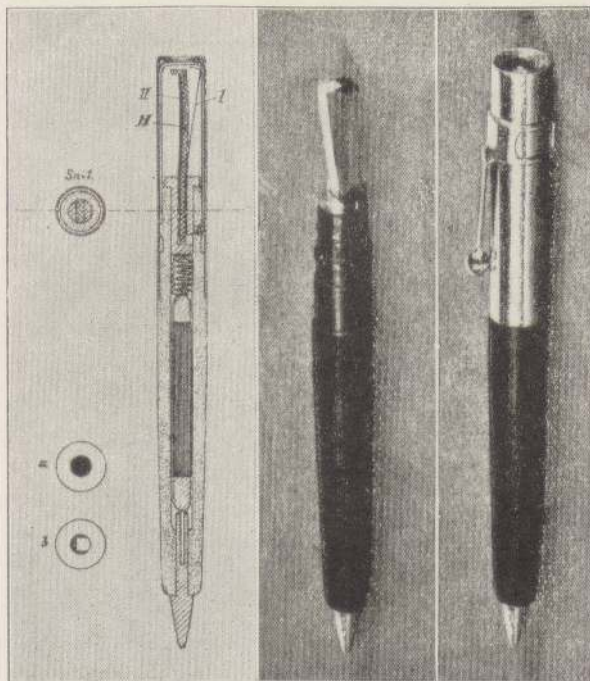


Fig. 9.

Dette Instruments Konstruktion fremgaar af Fig. 9, hvor til venstre er vist et Instrument i Snit, i Midten et delvis adskilt Instrument, og til højre det samlede Instrument.

Instrumentet bestaar af et hult Skaft af Isolationsmateriale, som i sin nederste Ende er forsynet med en Metalspids og foroven med en Metalhætte, i hvis Top er anbragt

en lille Rude, hvorigennem den ombøjede Ende af den bevægelige Metalstrimmel kan iagttages. Metalstrimlen I er i ledende Forbindelse med Metalhætten, og Halvlederen H's Metalbelægning II er gennem en Sikkerhedsmodstand paa ca. 2 Megohm, hvilken er indbygget i det hule Skaft, i ledende Forbindelse med Instrumentets Metalspids.

Instrumentet kan anvendes til Undersøgelse af, hvorvidt Dele af et elektrisk Anlæg (Ledninger, Afbrydere, Glødelampegevind etc.) er spændingsførende i Forhold til Jord eller ikke, idet man berører vedkommende Genstand med Instrumentets Metalspids, medens Instrumentet holdes ved Metalhætten; er Spænding til Stede, bliver Metalstrimlens ombøjede Ende synlig indenfor Ruden. Instrumentet fungerer ved saavel Jævn- som Vekselstrøm. Særlig Jordforbindelse behøves ikke, da alene den Strøm, som kræves til Opladning af Personen, der benytter Instrumentet, er tilstrækkelig til at bringe Instrumentet til at fungere.

Demonstration 3. Et Lommeelektroskop anbringes uden Metalhætte i en Projektør, saaledes at et Skygebillede dannes paa en Skærm. Sættes Spænding paa Instrumentet, iagttages paa Skygebilledet Strimlens Bevægelse.

Blandt de Apparater, hvori der anvendes en Hjælpekraft, skal først nærmere omtales et Tidsrelais, hvor Hjælpekraften faas fra et Urværk (se Fig. 10).

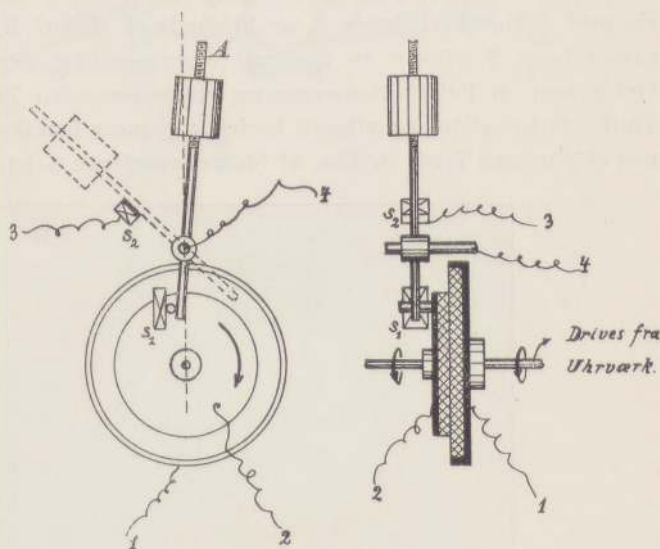


Fig. 10.

To sammenslebne Agatskiver I og II berører hinanden med et let Tryk. Den ene holdes i meget langsom Rotation af et Urværk; den anden, der er forsynet med en Medbringerarm, holdes normalt stille, idet en Fjeder (udeladt paa Figuren) holder Skiven i Stilling med Medbringeren trykket mod et Anslag  $s_1$ . Medbringerarmen kan støde til en Vægtstang, der er forsynet med Loddet A. Tilføres der Agatskivernes metalliserede Bagsider en passende Spændingsforskel (ca. 50 Volt), vil Skive I drage Skive II med sig rundt, og efter en vis Tids Forløb (efter Apparatets Indstilling nogle Sekunder eller Minutter) vil Medbringerarmen bringe Vægtstangen til at kippe over, saa at den indtager den i Figuren viste punkterede Stilling, hvorved der sluttet Kontakt i et sekundært Strømløb 3—4. I Stedet for Loddet kan paa passende Maade indbygges en Fjeder. Ved Hjælp af et saadant Relais kan



der med en Strømstyrke af Størrelsesordenen  $10^{-6}$  Amp. indkobles ret betydelige sekundære Effekter (op til ca. 1 kW). Apparatet er nærmest tænkt anvendt i Forbindelse med Forstærkere som Kalderelais i Radioteknikken.

Dernæst skal omtales en efter Princippet konstrueret højttalende Telefon (se Fig. 11). En Agat- eller Flintcylinder

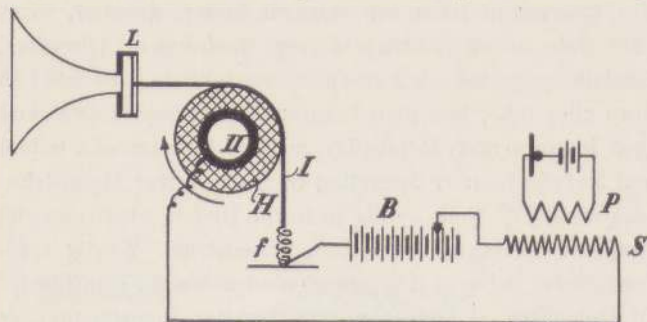


Fig. 11.

linder H, indvendig forsynet med Metalbelægning II, roterer i Pilens Retning, drevet af en lille Elektromotor. Det om Cylinderen slyngede tynde Metalbaand I, er fastgjort til Membranen i en Lyddaase L forsynet med Tragt. Metalbaandet holdes udstrammet ved den lille Fjeder f. Belægningerne I og II faar tilført Telefon-Vekselsspænding fra Sekundærsiden S (med mange Vindinger) af Telefontransformatoren PS, i hvis Primærkredsløb P (med faa Vindinger) er indskudt en Mikrofon og et Batteri. I Serie med Sekundærviklingen S er indskudt et Batteri B, som tilfører Telefonen en konstant Jævnspænding, der virker som en Polarisationspænding (Størrelsesorden 70 Volt). Polarisationspændingen bevirker gennem Friktionen et konstant Træk (f. Eks. af Størrelsesordenen 1 kg)

i Membranen, og de overlejlrede Telefonvekselspændinger fra S bevirker tilsvarende Forøgelse, resp. Formindskelse i dette Træk, saaledes at Membranen kommer i tilsvarende Svingninger.

Med en saadan Telefon kan opnaas meget stor Lydstyrke, selv ved Anvendelse af en almindelig lille Mikrofon; dette beror paa, at Energien til Lydsvingningernes Frembringelse stammer fra Elektromotoren og ikke fra Mikrofonkredsløbet, der blot virker styrende paa den udviklede Energi. Desuden bliver Telefontransformatoren kun i ringe Grad belastet paa Sekundærsiden paa Grund af Friktionssystemets meget store ohmske Modstand.

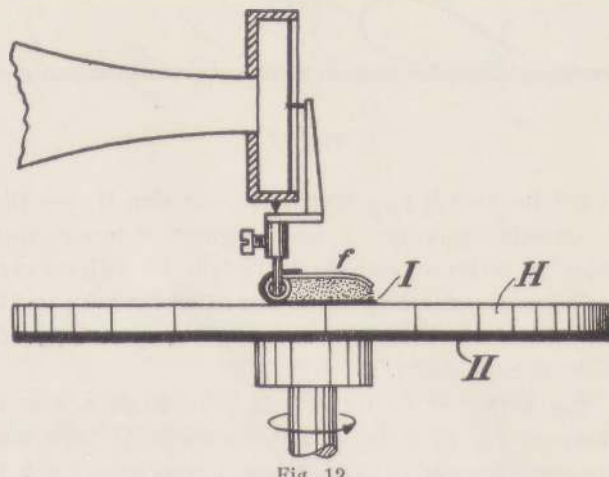


Fig. 12.

I Fig. 12 er vist en lidt anden Udførelsesform for Telefonen. Halvlederen er her formet som en Skive H, der paa Undersiden er metalbelagt II. Paa Skiven glider et lille Stykke tyndt Metalbaand I, som ved Hjælp af en

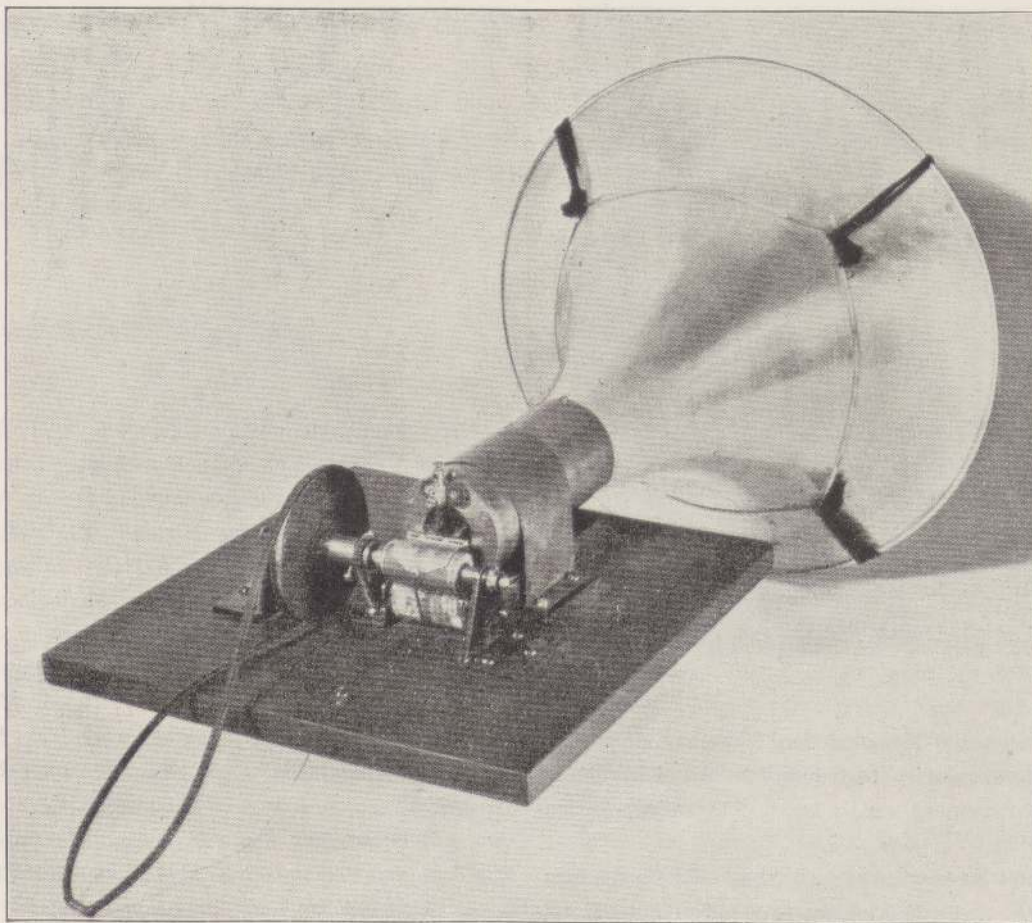


Fig. 13.



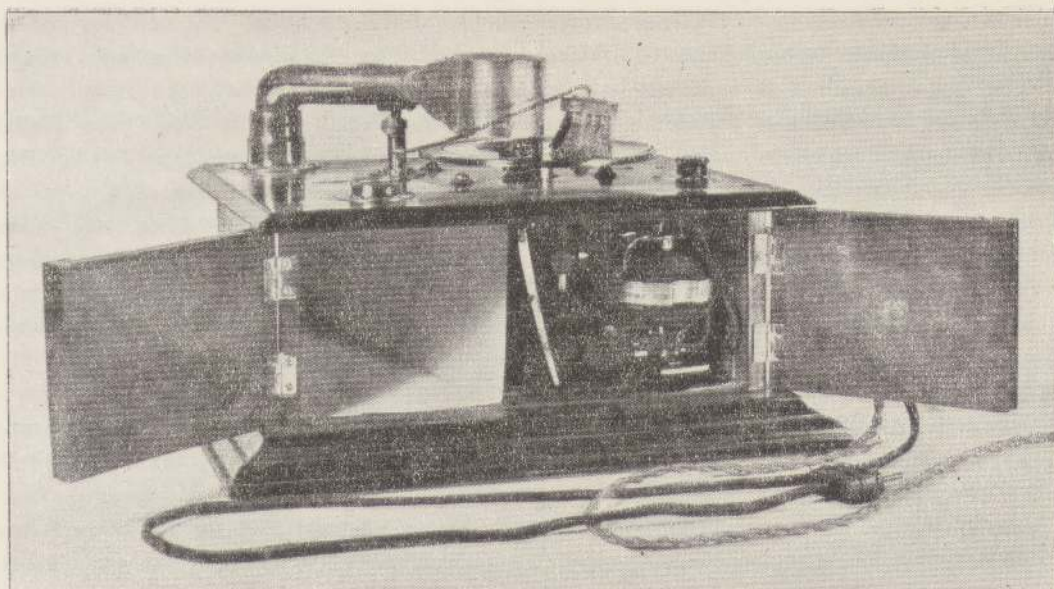


Fig. 14.

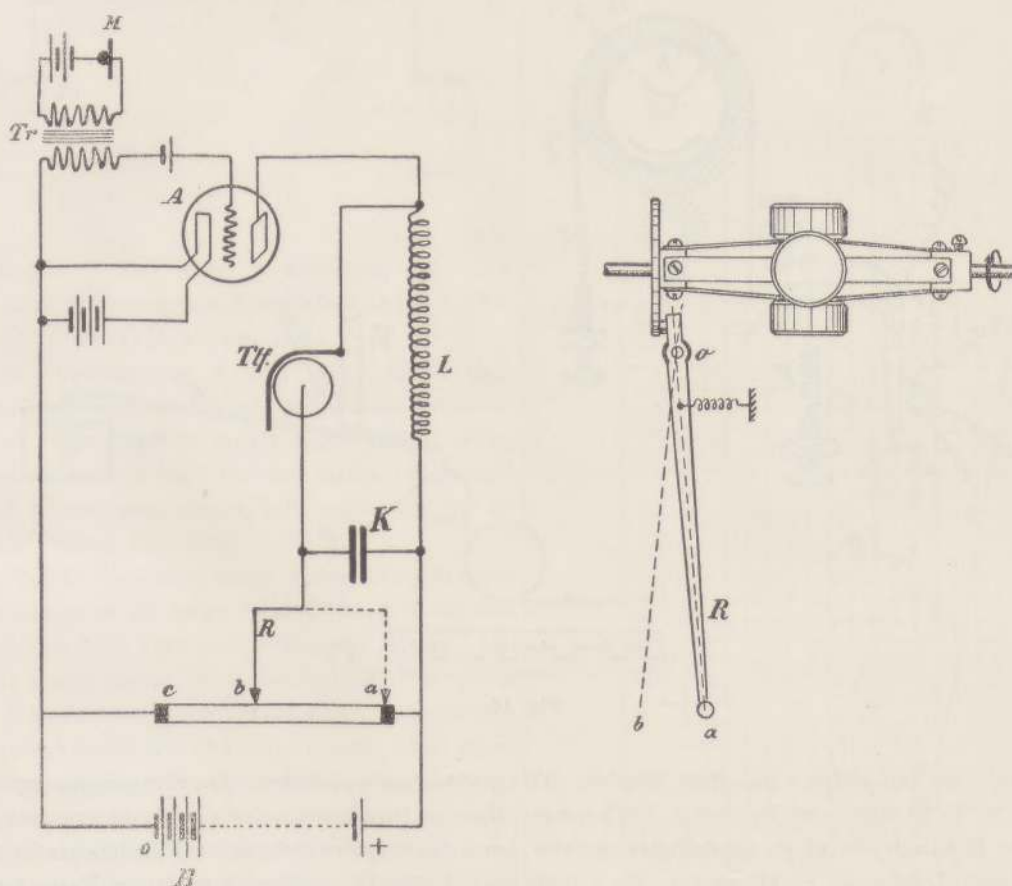


Fig. 15.

let Bladfjeder  $f$  og mellemliggende Vat holdes let trykket mod Skiven. Metalbaandet er fæstet til en Vægtstang  $V$ , som overfører Kraften til en Lyddaase  $L$ .

Naar der ved de ovenfor beskrevne Telefoner ønskes betydelige Lydstyrker, er det ikke tilstrækkeligt at anvende de almindelige, fra Talemaskiner kendte Lyddaasekonstruktioner. Vi har derfor konstrueret særlige Lyddaaser, indeholdende flere Membraner, hvormed opnaas større Lydstyrker og betydelig bedre Artikulation.

Paa Figurerne 13 og 14 ses fotografisk Gengivelse af Forsøgsmodeller af de to ovennævnte Telefontyper med henholdsvis cylinderformet og skiveformet Halvleder.

Paa Grund af disse Telefoners meget store ohmske

Modstand og dermed forbundne ringe Strømforbrug, men Krav om forholdsvis stor Vekselsspænding (ca. 30 Volt), anvendes de med Fordel i Forbindelse med Termionforstærkere (Vacuumforstærkere), hvoraf selv smaa Typer er i Stand til ved nævnte Spænding at yde den til Telefonen fornødne ringe Strøm; denne er dog en Del større, end den Strøm, der svarer til Friktionssystemets ohmske Modstand, grundet paa, at Friktionssystemet har en vis Kapacitet.

Et Forbindelsesskema for Telefonen i Forbindelse med en Termionforstærker er vist i Fig. 15. Telefonvekselspændingerne tilføres paa sædvanlig Maade Forstærkerens Gitterkredsløb. I Anodekredsløbet er indskudt en Selv-



induktion L, hvorpaa de forstærkede Vekselsspændinger optræder. Telefonens Klemmer forbindes dels til Anoden, dels til den bevægelige Kontaktarm R, som kan bevæges langs Modstanden a—c, hvis Ender er forbundne til Anodebatteriet B. Ved denne Forbindelsesmaade tilføres der Telefonen dels en Jævnspænding (Polarisationsspændingen), svarende til Spændingsfaldet paa Strækningen a—b af Modstanden a—c, dels Vekselsspændingen fra L. Hvis a—c har en betydelig Modstand, f. Eks. 100 000 Ohm, shuntes a—b med Fordel med en Kondensator K, hvorved Vekselsspændingstabet i Modstanden a—b formindskes.

En særlig jævn og konstant Virkemaade af Apparatet opnaas ved gennem en automatisk Regulering af Polarisationsspændingen at holde det fra denne hidrørende Grundtræk i Membranen tilnærmelsesvis konstant, selv om Friktionen mellem Halvleder og Baand skulde ændre sig i Tidens Løb paa Grund af Slid, Urenheder eller lignende.

skellig Størrelse og Art. En særdeles god Lydgengivelse opnaas f. Eks. ved Benyttelse af en Violin uden Strengene som Resonanskasse. Telefonens Metalbaand befæstes da i hele sin Bredde til det Sted, hvor Violinstolen ellers er anbragt. Lydgengivelsen faar i dette Tilfælde meddelt noget af Violinens Klangfarve. Talegengivelse faar her ved et noget ejendommeligt Præg, men er dog udmærket forstaaelig. Benytter man derimod Apparatet til Gengivelse af Violinspil, maa nævnte Omstændighed anses for en Fordel, idet Gengivelsen da faar en stor Klangfylde med udpræget Violinkarakter.

Demonstration 5. En Telefon med Violin-Resonanskasse demonstreres, gengivende Tale og Violinspil.

Et ret udstrakt Felt for Princippet's Anvendelse findes paa Telegrafiens Omraade; der kan konstrueres Tele-

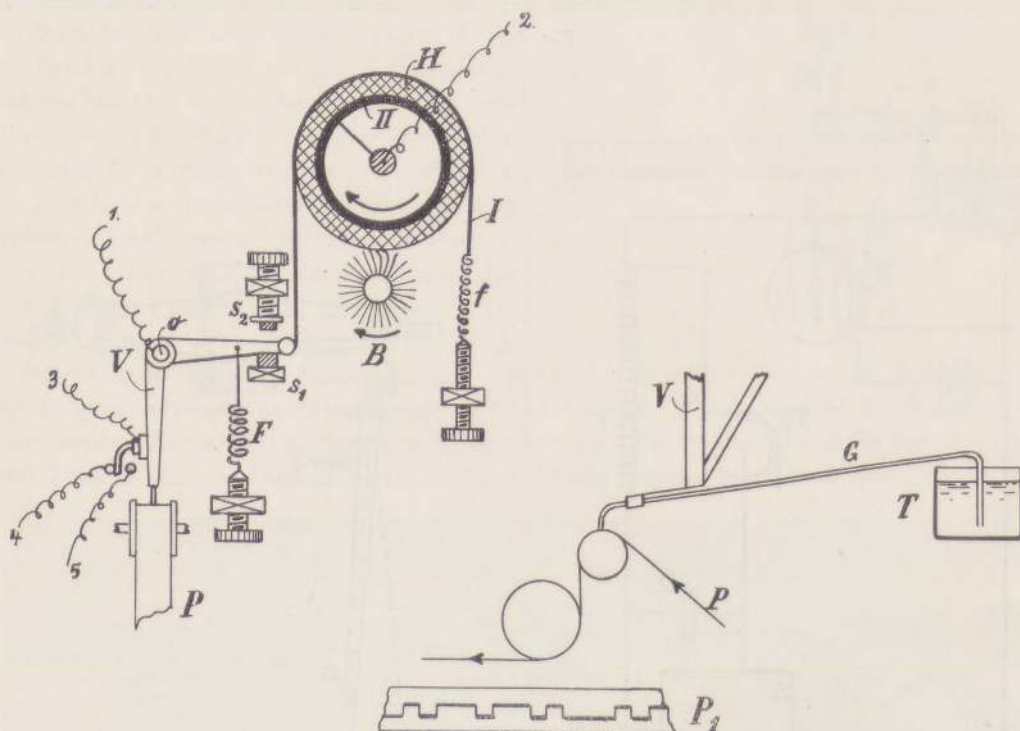


Fig. 16.

En saadan Regulering kan udføres paa flere Maader. Til Eksempel er i Fig. 15 til højre vist, hvorledes den bevægelige Kontaktarm R kan styres af en Centrifugalregulator, som er koblet med Telefonens Elektromotor, der i dette Tilfælde er forbundet som Seriemotor. Forøges Friktionen af en eller anden Grund, synker Motorens Omdrejningshastighed, hvorved Armen R bevæger sig til højre paa Figuren, saaledes at Polarisationsspændingen og dermed atter Friktionen formindskes, indtil Ligevægt paany er opnaaet.

Demonstration 4. Et Forsøgs-Telefonapparat med Agatcylinder, Lyddaase med flere Membraner samt Tragt, og som er forbundet med en Termionforstærker, demonstreres, gengivende Tale og Musik.

Paa Grund af de store Kræfter, man har til Raadighed ved Telefoner af denne Art, er man ikke udelukkende henvist til at benytte Lydgivere med smaa og lette Membraner; saaledes kan man benytte Resonanskasser af for-

grafmodtageapparater, Overdragnings- og Senderrelais, ligesom Princippet lader sig kombinere med kendte Systemer for Typetryktelegrafer, Billedtelegrafer m. m.

I Fig. 16 er skematisk vist en Form for et Telegrafmodtageapparat.

Baandet I, som er slynget om den fra en Motor drevne Agatcylinder H med den indvendige ledende Belægning II, er befæstet til den ene Arm af Vinkelvægtstangen V med Omdrejningsakse O. Den anden Ende af Baandet holdes stramt af den indstillelige, svage Skruefjeder f. Vinkelvægtstangen holdes af den stærke (ligeledes indstillelige) Fjeder F normalt trykket mod det faste Anslag s<sub>1</sub>. Vokser Friktionen mellem Baand og Cylinder tilstrækkeligt til at overvinde Fjederkraften, vil Vinkelvægtstangen blive drejet indtil den standses af det indstillelige Anslag s<sub>2</sub>, medens Cylinderen roterer videre. Til Forebyggelse af, at Baandet ved eventuelt optrædende unormal stor Friktion brister, er der indbygget en Friktionskobling mellem Motor og Cylinder (ikke vist paa Figuren). Cylinderen renses under



Rotationen ved en særlig Anordning, som ikke skal omtales i Detailler; den er paa Fig. antydet ved den roterende Børste B. Vinkelvægtstangens anden (lodrette) Arm fører en Skrivestift eller Pen hen over Papiret P; i Figuren er specielt angivet et Hævert-Skriverør G med Blækbeholder T, som kendt fra Kabeltelegrafien. Telegrafskriften fremtræder da paa Papirstrimlen som antydet ved P<sub>1</sub>, nederst paa Figuren. I Forbindelse med Vinkelvægtstangen kan yderligere, som antydet paa Figuren, være anbragt Relaiskontakter, hvormed der under Vægtstangens Bevægelse afvekslende etableres Forbindelse mellem Ledningen 3 og hver af Ledningerne 4 og 5, hvorved Apparatet kan fungere som Overdragningsrelais. Telegrafspændingen, i Almindelighed ca. 35—75 Volt Jævnspænding alt efter Apparatets Dimensioner, tilføres Apparatet gennem Tilledningerne 1 og 2.

Et enkelt Forbindelsesskema for Apparatet anvendt ved Traadtelegrafi er antydet i Fig. 17.

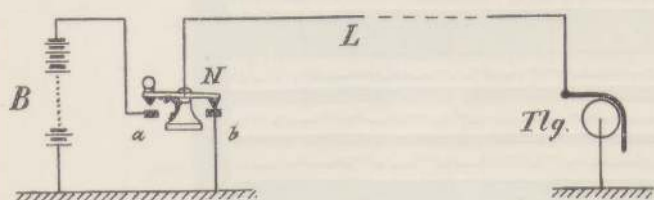


Fig. 17.

Telegrafnøglen N kan enten jordforbinde eller (fra Batteriet B) sætte Spænding paa Telegrafledningen L; Telegrafapparatet er indskudt mellem L og Jord.

Apparatets Strømforbrug er højst  $10^{-4}$  Amp.; visse Forhold vedrørende Strømforbruget skal senere nærmere omtales. Som Følge af dette meget ringe Strømforbrug kan man praktisk talt se bort fra det herfra hidrørende Spændingsfald i Telegrafledningen, selv om denne har en meget betydelig ohmsk Modstand.

Ligesom Telefonapparatet egner ogsaa Telegrafapparatet sig paa Grund af sit ringe Strømforbrug til Anvendelse i Forbindelse med Termionforstærkere. Herved bliver Apparatet særlig egnet til Nedskrivning eller Overdragning af Telegrammer i Radiotelegrafien, hvor den til saadanne Formaal disponible elektriske Energi netop tages fra Termionforstærkere. Fordelen ved Anvendelsen af Apparatet ligger navnlig i den store Skrivehastighed, som det kan arbejde med, og specielt ved Anvendelsen som Overdragningsrelais tillige i de betydelige Kræfter, hvormed Kontakterne i det sekundære Kredsløb sluttes og afbrydes.

Den store opnaaelige Skrivehastighed skyldes væsentlig Apparatets fuldstændige Induktionsfrihed samt den i Forhold til de bevægede Deles Masse (faa Gram) store virksomme Kraft (f. Eks. 1 kg Træk i Friktionsbaandet).

For Opnaaelsen af store Skrivehastigheder er det dog nødvendigt, at Halvlederen har en vis, ikke for ringe Ledningsevne. Grunden hertil er, at den af Baandet og Halvlederens Overflade dannede Kondensator under Telegraferingen skal oplades og udlades, og de hertil svarende Kapacitetsstrømme skal passere gennem Halvlederens indre Modstand, saaledes at en vis Træghed i Apparatets Virkemaade vil give sig til Kende, dersom denne Modstand er forholdsvis stor.

Opnaaelsen af meget store Skrivehastigheder er lykkedes Foredragsholderne ved Anvendelsen af en særlig kemisk Imprægnering af forskellige Halvledere, deriblandt Agaten, hvorved Ledningsevnen forhøjes til den ønskede Værdi.

Herved kan samtidig opnaas, at Ledningsevnen holder sig praktisk talt konstant, medens Ledningsevnen af de allerfleste naturlige Halvledere, deriblandt Agaten, i uimprægneret Tilstand aftager kendeligt ved Strømgennemgang i længere Tid, efter Omstændighederne i Løbet af nogle Timer eller flere Dage.

Erfaringen viser, at der til Opnaaelsen af en Telegraferingshastighed paa 400 Ord (Normalordet »Paris«) i Minuttet, hvilket maa betegnes som en meget høj Hastighed, maa anvendes en saadan Ledningsevne, at Apparatets Strømforbrug er ca.  $10^{-4}$  Amp. ved en Spænding paa ca. 65 Volt og et Berøringsareal mellem Baand og Halvleder paa ca. 5 cm<sup>2</sup>. Apparatets ohmske Modstand er altsaa ca. 650 000 Ohm.

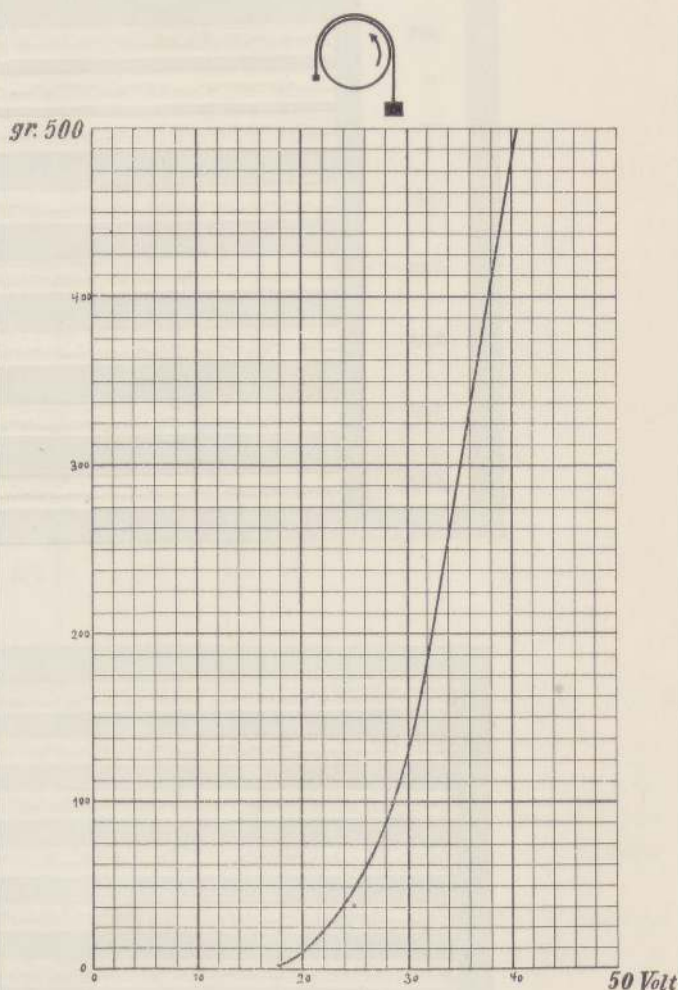


Fig. 18.

Den i Radiotelegrafien almindeligt anvendte Telegraferingshastighed er Haandtelegraferingshastighed (ca. 20 Ord pr. Min.), svarende til Høremodtagelse. I den nyeste Tid er der dog ved en Del indbyrdes regelmæssigt korresponderende Stationer indført større Telegraferingshastigheder, gennemgaaende ca. 60 Ord pr. Min., enkelte Steder forsøgsvis langt højere. Herved benyttes følsomme elektromagnetiske Relais, som styrer elektromagnetiske Telegrafapparater; ved de største Hastigheder anvendes dog andre Systemer, oftest Apparater med fotografisk Registre-



ring, hvilke dog ikke har vundet nogen større Udbredelse paa Grund af deres kostbare og omstændelige Drift.

Særlig ved store Telegraferingshastigheder (over 100 Ord pr. Min.) frembyder efter vor Formening vort Tele-

hertil er, at Friktionen mellem Cylinder og Baand viser sig at stige meget stærkt med voksende Spænding, saaledes som det ses af Fig. 18, hvor Resultaterne af en Maaling af Friktionen mellem en Agatcylinder og et Metalbaand

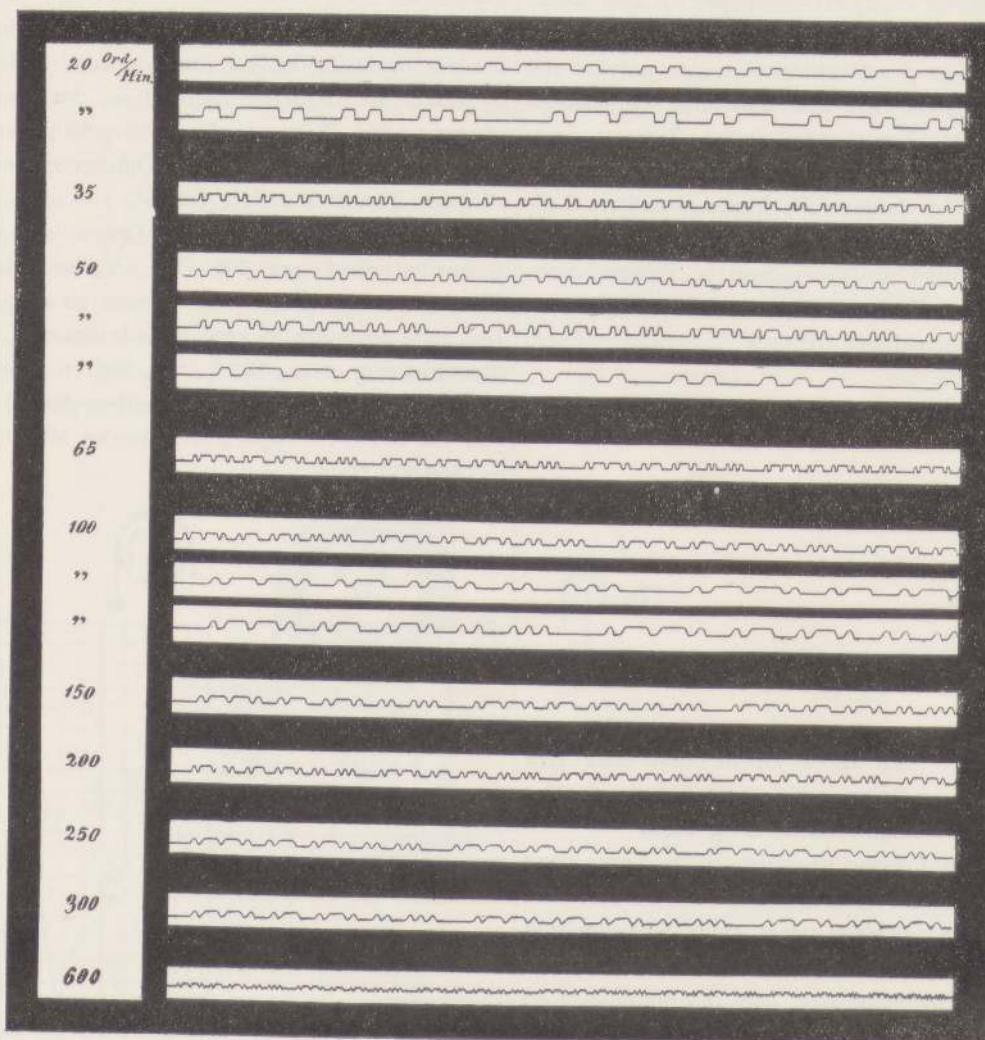


Fig. 19.

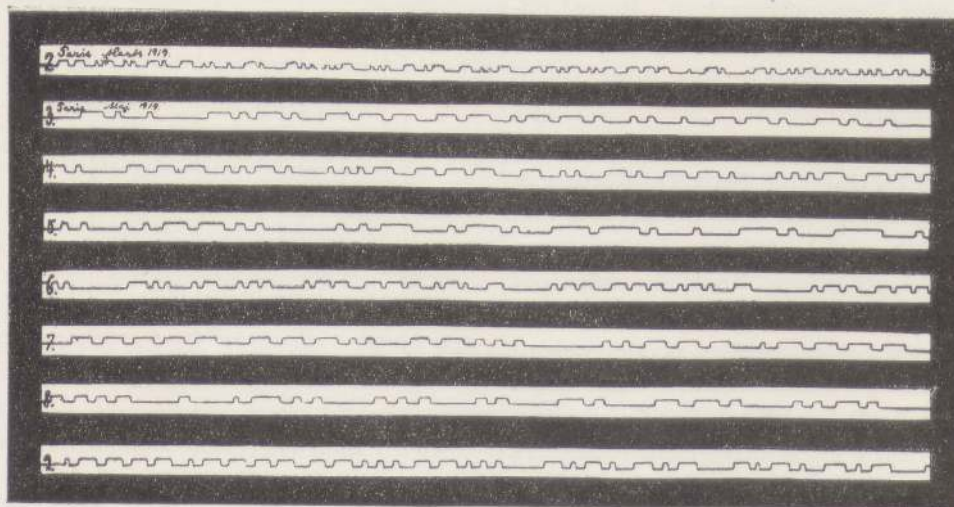


Fig. 20.

grafapparat betydelige Fordele frem for andre eksisterende Apparater. En medvirkende Omstændighed hertil er, at atmosfæriske Forstyrrelser, som navnlig virker generende ved store Telegraferingshastigheder, i ringere Grad gør sig gældende ved Modtagelse med dette Apparat end ved Modtagelse med elektromagnetiske Apparater. Hovedaarsagen

ved varierende Spænding er fremstillet grafisk. Kurvens Forløb svarer ret nær til, at Friktionen vokser med Spændingens femte Potens. Heraf følger, at Spændingsimpulser, som er blot f. Eks. 20 pCt. mindre end de fra Signalet hidrørende Spændingsimpulser, ved passende Indstilling af Apparatets Fjederkraft ikke vil registreres af Apparatet,



medens Apparatet alligevel udvikler en betydelig Overskudskraft til Registrering af Signalet. Atmosfæriske Forstyrrelser eller uvedkommende Signaler vil derfor overhovedet ikke blive registrerede, saa længe som de herfra hidrørende Impulser i Størrelse ikke naar tæt op til de fra Signalet hidrørende Impulser, og denne Betingelse er opfyldt i mange Tilfælde.

energi tages fra Klemmerne x og y. Efter denne Kaskadeanordning indskydes endnu en Termionforstærker (se Fig. 21 b), som tillige virker som Ensretter, idet dens Gitter faar en passende negativ Forspænding fra Batteriet p. I denne Forstærkers Anodekreds er indskudt den store Modstand R (f. Eks. 400 000 Ohm), paa hvilken Signalet ved den anvendte Forbindelsesmaade frembringer en pul-

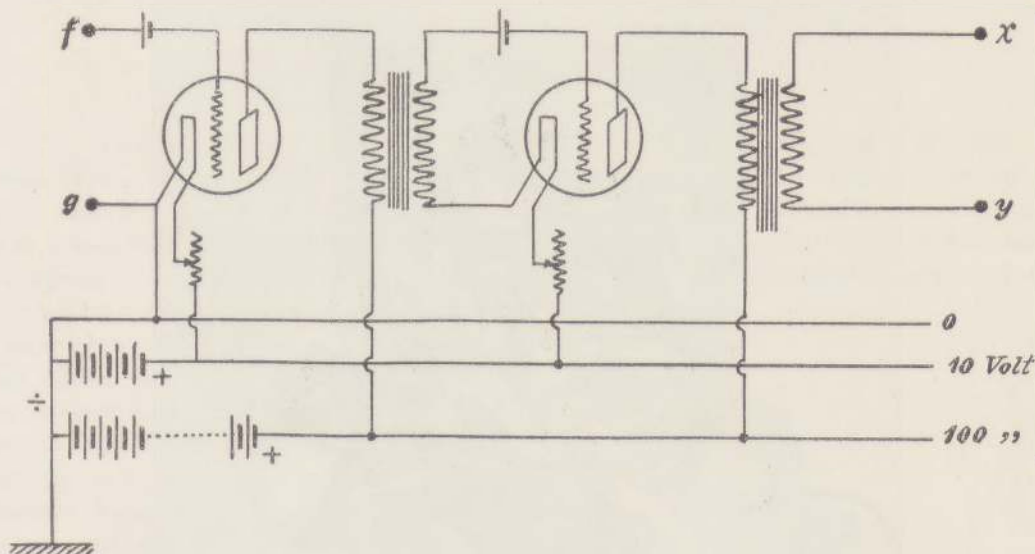


Fig. 21 a.

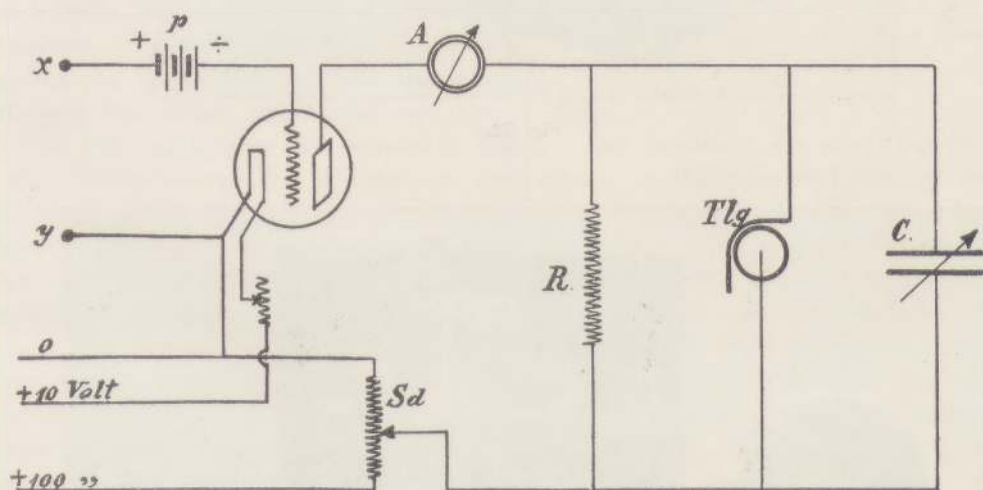


Fig. 21 b.

I Fig. 19 er gengivet Prøver paa Registrering af Ordet Paris ved forskellige Telegraferingshastigheder, varierende mellem 20 og 600 Ord pr. Min., optagne ved Laboratorieforsøg. Skriftprøverne er optagne ved forskellige Tegnampplituder og forskellige Hastigheder af Telegrafpapiret.

I Fig. 20 er gengivet Prøver paa Registrering af Telegrammer fra forskellige europæiske Radiostationer (Haandtelegraferingshastighed) optagne i København. De to øverste Strimler stammer fra de tidligst foretagne Forsøg.

Aparatets Forbindelse med Termionforstærkere specielt ved Radiotelegrafi er fremstillet ved Skemaerne i Fig. 21 a og b.

I Fig. 21 a er vist den almindeligt anvendte Forstærkning af de fra et Radiomodtagesystem kommende Signalvekselstrømme af akustisk Frekvens ved Hjælp af flere kaskadeforbundne Termionforstærkere med Mellemtransformatorer; den forstærkede Veksels-

serende Jævnspænding, som benyttes til Opladning af Kondensatoren C. Telegrafapparatet indskydes parallelt med R og C og kommer saaledes til at arbejde med Jævnspænding.

I Fig. 22 er vist Fotografi af det første Forsøgs-Telegrafapparat, hvormed de før omtalte Skriftprøver er optagne.

Endelig er i Fig. 23 vist Fotografi af en nyere Model, fremstillet af Firmaet Dr. Erich F. Huth, G. m. b. H. i Berlin, som har erhvervet vore Patentrettigheder for visse Lande.

Demonstration 6. Registrering af Radiotelegrammer fra forskellige udenlandske Stationer demonstreres ved Projektion paa en hvid Flade af Pennen og Papirstrimlen paa det i Fig. 22 viste Telegrafapparat. Ved Optagelsen benyttes den polytekniske Lærestalts Antenne. Samtidigt gøres Signalerne hørlige med stor Lydstyrke ved Hjælp af den ved Demonstration 4 benyttede højtalende Telefon.



Til Slut skal vi rette en Tak til Den polytekniske Læ-  
reanstalt, som ved at stille sine rige Hjælpemidler til Raa-  
dighed ved vore Undersøgelser har muliggjort vort Arbejde  
med dette Emne.

En særlig Tak retter vi til Forstanderen for Poly-

teknisk Læreanstalts elektrotekniske Laboratorium Hr.  
Professor *Absalon Larsen* for den store Imødekommen-  
hed og Velvilje, vi har nydt under vort fleraarige Arbejde  
i Elektroteknisk Laboratorium, hvor omtrent samtlige  
Undersøgelser har fundet Sted.

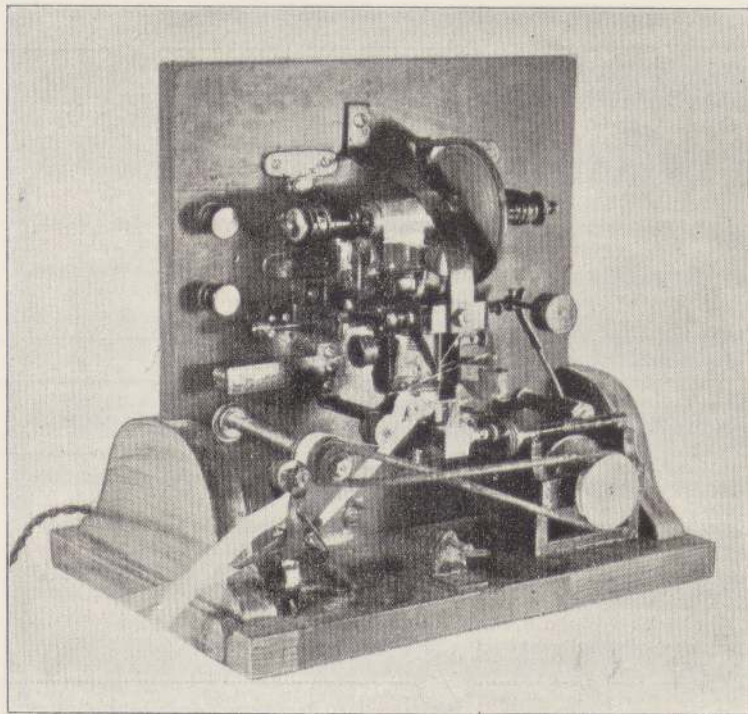


Fig. 22.

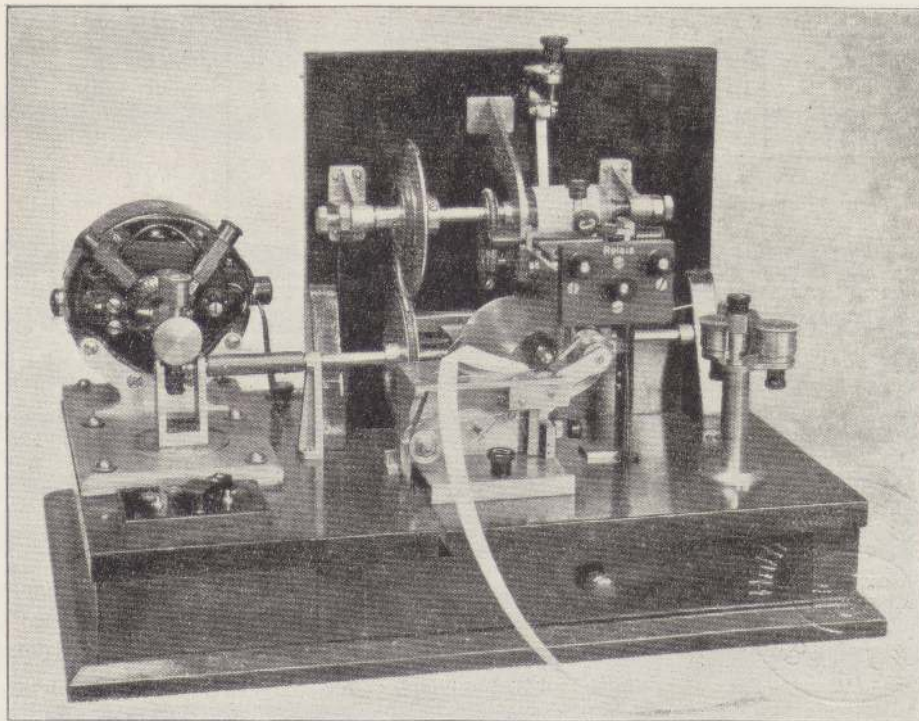


Fig. 23.



## Kvægsølvstraaleensretteren.

Af Dr. techn. Jul. Hartmann.

### Indledning.

Mangfoldige Forsøg er i Tidens Løb bleven gjort paa at fremstille en Ensretter d. v. s. et Apparat til direkte Omformning af Vekselstrøm til ensrettet Strøm eller Jævnstrøm ved Omlægning af hveranden Halvperiode. Man er herved i Hovedsagen gaaet to Veje, idet man enten har benyttet en elektrisk Ventil, hvorved forstaas en Strømbane, der kun tillader Strøm af een Retning at passere, eller man har anvendt en ren mekanisk Kommutator, arbejdende synkront med Vekselstrømmen. Den første Vej har hidtil vist sig mest fremkommelig. Med Anvendelse af *Cooper-Hewitt's* Kvægsølvbueventil har man bygget driftsikre og, som det synes, økonomiske Ensrettere for flere Hundrede Kilowatt. *Cooper-Hewitt*-Ventilen egn sig dog — i stor Stil — kun til Ensretning af Spændinger over en vis Grænse. I selve Ventilen tabes der nemlig altid en Spænding paa 18—20 Volt, og dette Spændingstab gør selvfølgelig Ensretteren uøkonomisk ved lavere Spændinger. Ved 100 Volt betyder det saaledes et Tab paa ca. 20 pCt. Bestræbelserne for at bygge en rent mekanisk Ensretter har hidtil ikke været ledsaget af større Held. Det ligger nærmest at anvende en roterende Kommutator dreven af en Synkronmotor. Men ved en saadan synes det vanskeligt at opnaa en tilstrækkelig sikker Kommutering grundet paa den relativ løse Kobling mellem Strømmen, som skal ensrettes, og Bevægelsen, som betinger Ensretningen. Tillige har man Materiale vanskeligheder at kæmpe med, idet Kommutatorens Dele forholdsvis hurtigt ødelægges af Kommuteringsgnisten. Man har ogsaa anvendt Kommutatorer, der bringes til at svinge synkront med Vekselstrømmen. Men saadanne Kommutatorer kan dog kun bygges for ganske smaa Effekter, og det er jo ogsaa indlysende, at det vil være praktisk set umuligt at bringe et Kontaktstykke, tilstrækkelig robust til Kommutering af større Effekter, til med tilstrækkelig stor Amplitude at svinge i Takt med en 50-periodet Vekselstrøm. I det hele taget har man hidtil kun fremstillet mekaniske Ensrettere for ganske faa Kilowatt. Nedenfor skal der nu imidlertid beskrives en ny mekanisk Kommutator — *Kvægsølvstraalekommutatoren* —, ved hvilken de Mangler, der hidtil har været knyttet til denne Type Kommutatorer i alt væsentlig er fjernet, og som maaske derfor tør ventes at ville vise sig anvendelig til Fremstilling af Ensrettere for større Effekter.

### Kvægsølvstraalekommutatoren.

Den nye Kommutator bestaar af en Kvægsølvstraale S Fig. 1, der passerer et Magnetfelt  $F$  med Kraftlinier vinkelret paa Straalens Retning og rammer en Elektrode  $E$ . Gennem Elektroden  $E$  og Straalerøret  $R$  kan man sende

en elektrisk Strøm ind og ud af Straalen. Vi vil et Øjeblik tænke os, at Feltet er et Jævnfelt, og at der gennem Straalen sendes en Vekselstrøm, og vi vil undersøge, hvilken Bevægelse Straalens Dele vil faa under Indflydelse af Vekselvirkningen mellem Strømmen og Feltet.

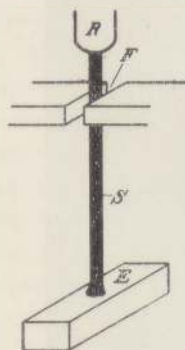


Fig. 1.

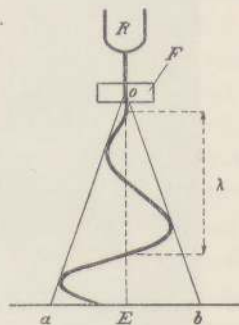


Fig. 2.

Den Straaledel, der netop passerer Feltet, vil i dette erholde en Hastighed vinkelret paa den oprindelige Retning. Hastigheden vil i Størrelse og Fortegn være bestemt ved Styrken og Retningen af Strømmen i det Øjeblik, Passagen finder Sted altsaa af Strømmens Fase i dette Øjeblik. Den opnaaede Tværhastighed vil Straaledelen beholde paa sin Vej videre frem. Den har altsaa nu to Hastigheder, den oprindelige, der er rettet lige ud, og Tværhastigheden, der skyldes Vekselvirkningen mellem Strøm og Felt. Resultatet bliver, at Partiklen bevæger sig fremad i en Linie, der danner en Vinkel med Straalens oprindelige Retning. Den efterfølgende Partikel bevæger sig langs en anden Linie, under en lidt anden Vinkel med den antydede Retning, den næste igen langs en Linie drejet lidt i Forhold til den foregaaende o. s. v. Forfølger man nu den Kurve, efter hvilken Rækken af Partikler ordner sig, finder man, at det bliver en Bølgelinie Fig. 2, med en Amplitude, som vokser jævnt med Afstanden fra Feltet. Længden af en Bølge  $\lambda$  vil være lig den Vej, som den oprindelige Straales Dele vilde bevæge sig fremad i Perioden for Vekselstrømmen. Den bølgeformede Straale bevæger sig som Helhed fremad med den oprindelige Straales Hastighed, idet hver enkelt Del af Straalen jo har beholdt den oprindelige Hastighed fremefter. At Forholdene i alt væsentligt er som her beskrevne er godtgjort ved Forsøg. Fig. 3 gengiver et Øjebliksbillede af Straalen, der fører Vekselstrøm i et Jævnfelt. Som det ses, har den ganske den i Fig. 2 gengivne Form, og det viser sig ogsaa, at Bølgen har den ovenfor nævnte Længde. Hvad Amplituden angaar, er den dog noget — 20—30 pCt. — mindre end den vilde være, dersom Straalens enkelte Dele bevægede sig fuldkommen fri af hverandre som forudsat i den oven-



for givne Redegørelse. Det skal her endnu bemærkes, at Straalen naturligvis vil faa ganske samme Form, dersom den fører Jævnstrøm og passerer et Vekselfelt i Stedet for i et Jævnfelt at føre Vekselstrøm. Den mekaniske Kraft, som frembringer Straalens Bevægelse, og som skyldes Vekselvirkningen mellem Felt og Strøm, vil nemlig i de to Tilfælde variere paa ganske samme Maade.

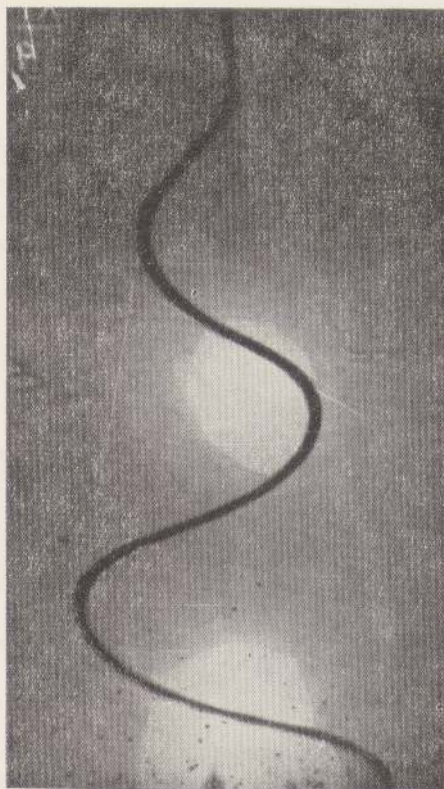


Fig. 3.

Vi betragter nu Straalens Træffepunkt i Elektroden E. Idet den bølgeformede Straale stadig løber ind imod Elektroden, maa Træffepunktet komme til at svinge frem og tilbage om den uafbøjede Straales Træffepunkt. Efter den ovenfor givne Forklaring maa Perioden for Svingningerne blive lig Vekselstrømmens Periode. Træffepunktet kommer i sin Bevægelse bag efter den periodiske mekaniske Kraft, som Bevægelsen skyldes. Forsinkelsen er simpelthen lig den Tid, Straalefiguren er om at bevæge sig fra Feltet til Elektroden d. v. s. lig denne Afstand divideret med Straalens Hastighed. Ved Forandring af Afstanden kan man altsaa forandre Faseforsinkelsen mellem Bevægelsen og den mekaniske Kraft og dermed ogsaa mellem Bevægelsen og Vekselstrømmen, med hvilken den mekaniske Kraft er i Fase. Følgelig maa man kunne give Faseforsinkelsen en saadan Værdi, at Straalens Træffepunkt netop passerer den uafbøjede Straales Træffepunkt i det Øjeblik, da Strømmen gaar gennem Nul. Herpaa beror Apparatets Anvendelse til Komuntering af en Vekselstrøm. Afpasser man nemlig Afstanden som antydtes, og deler man Elektroden i to Dele  $E_1$  og  $E_2$  Fig. 4 adskilt ved en frempringende isolerende Væg P, mod hvis skærpede Kant den uafbøjede Straale rettes, vil Straalen i hveranden Halvperiode træffe  $E_1$  og i de øvrige  $E_2$ .

I Virkeligheden findes der, som det vil forstaas, ikke een men en Række Stillinger af Elektroden, hvor Adskillelsen mellem de modsatte Faser er fuldstændig. De forskellige Stillinger følger efter hinanden med et Mellemrum

af en halv Bølgebredde  $\lambda/2$ . Hvis Straalehastigheden til Eks. er 350 cm/Sek., svarende til en Trykhøjde af ca. 50 cm og hvis Vekselstrømmens Frekvens er 50, bliver

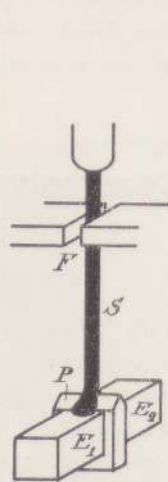


Fig. 4.

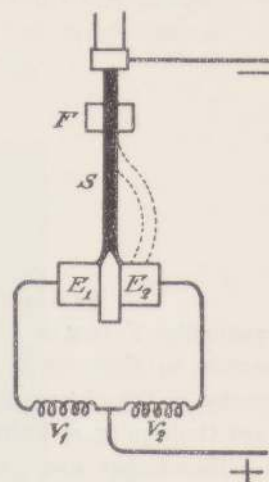


Fig. 5.

$\frac{\lambda}{2} = 350 \cdot \frac{1}{100} = 3,5$  cm. Den første Stilling, der ligger nærmest Feltet, betegnes som det første Knudepunkt, den næste som det andet Knudepunkt o. s. v. Ved sværere Straaler for Eks. Straaler paa 3—5 mm staar ofte indtil 4 Knudepunkter til Raadighed for Ensretningen.

#### Ensrettere med selvstændig Drift.

Med Anvendelse af den beskrevne svingende Kommutator kan man nu fremstille en Række forskellige Ensrettere for enfaset og derved ogsaa for flerfaset Vekselstrøm. Simplest frembringer man den for Ensretningen nødvendige Bevægelse af Straalen ved gennem denne at sende enten den Vekselstrøm, som skal ensrettes eller selve den ensrettede Strøm. I første Tilfælde maa Feltet være et Jævnfelt i sidste et Vekselfelt synkront med Strømmen, som skal ensrettes. I begge Tilfælde er Systemet i Hovedsagen uafhængigt af fremmede Strømkilder og kan derfor betegnes som en Ensretter med selvstændig Drift i Modsætning til de Ensrettere med bunden Drift, der nedenfor skal omtales. I Fig. 5 ses et af de mange mulige Ensrettersystemer. Man genfinder her Kvægsolvstraalekommutatoren med Straalen S, Elektroden  $E_1$  og  $E_2$  og Feltet F. Strømkilden er en Transformator  $V_1$   $V_2$  med tilgængeligt Nulpunkt. Jævnstrømskredsens to Ledninger er betegnede ved + og ÷. Hvis disse er sluttede gennem en ydre, induktionsfri Kreds, vil der, ved rigtig Indstilling af Elektroden og normal Drift, gennem Straalen og den ydre Kreds flyde en Strøm bestaaende af alle en Vekselstrøms Halvperioder lagt til samme Side. Hveranden Halvperiode leveres herved af  $V_1$  hveranden af  $V_2$ , idet Straalens Træffepunkt netop vil passere fra  $E_1$  til  $E_2$  eller omvendt, i det Øjeblik Transformatorens Midtpunkt gaar over fra at være positiv Pol for  $V_1$  til at være positiv Pol for  $V_2$ . Systemet tilhører, som det vil forstaas, den Gruppe Ensrettere, hvor Bevægelsen af Straalen frembringes ved den ensrettede Strøm. I Overensstemmelse hermed er Feltet altsaa et Vekselfelt, der fødes med Strøm fra den samme Generator, der leverer Strømmen, som ensrettes. Karakteristisk for alle Ensrettere af denne Gruppe er, at de normalt ikke er selvstartende, og det ligger naturligvis i, at den ensrettede Strøm, som skal holde Straa-



len i Gang, ikke i første Øjeblik staar til Raadighed, men først skal skabes. En Startindretning er derfor nødvendig, og denne Indretning maa tilmed være af en saadan Art, at den kun muliggør Start med en bestemt Strømretning i Jævnstrømskredsen. Systemet har nemlig ogsaa den Ejendommelighed, at der ved samme Stilling af Elektroden er Mulighed for begge Strømretninger. Eller med andre Ord Strømretningen er ubestemt. Mangelen paa Evne til selv at starte og Ubestemtheden i Strømretningen er naturligvis Ulemper, men dog ikke væsentlige Ulemper, idet det er en forholdsvis simpel Sag at fremstille Startanordninger af den ovenfor antydede Art. Dog vil man vel nok i de fleste Tilfælde for at undgaa en saadan Anordning foretrække et Ensrettersystem af den anden Gruppe, hvor Straalen holdes i Gang ved Vekselstrømmen, der skal ensrettes. Disse Systemer er nemlig baade selvstartende og entydige, hvad Strømretningen angaar. At de er selvstartende ligger naturligvis i, at Strømmen, som betinger Kommutatorens Bevægelse fra Begyndelsen af staar til Raadighed. En fuldstændig Ensretter af denne Type

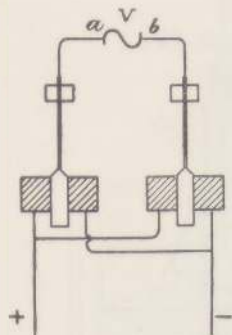


Fig. 6.

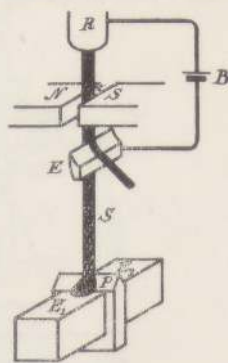


Fig. 7.

er vist i Fig. 6. Den er, som det ses, bygget sammen af to Kommutatorer, hvis Felter altsaa er Jævnfelter. V betegner Vekselstrømsgeneratoren. Hvis Vekselstrømsnetets Spænding har en passende Værdi kræves ingen Transformator. Jævnstrømskinnerne er betegnet ved + og -. De to Straaler berører samtidig de to yderste Elektrodestykker i hver Kommutator i de Halvperioder, hvor a er positiv Pol for V, de to inderste i de øvrige Halvperioder. I Jævnstrømsgrenen faar man følgelig ved induktionsfri Belastning en pulserende Strøm bestaaende af alle Generatorstrømmens Halvperioder lagt til samme Side. Systemet repræsenterer vel nok, naar alt kommer til alt, den simpleste Ensretter med selvstændig Drift, og det vil utvivlsomt være paa sin Plads i et stort Antal Tilfælde, hvor der ikke bliver Tale om større Variationer i den aftagede Strøm. Ensrettere med selvstændig Drift er nemlig, som vi nu skal se, i det hele taget indskrænkede til de Omraader, hvor det ikke udkræves, at Strømmen skal kunne reguleres indenfor meget vide Grænser eller sættes ned til Nul. Vi er her inde paa det vigtige Strømreguleringsproblem, som nu skal behandles.

#### Ensrettere med bunden Drift. Strømreguleringsproblemet.

Naar Kvægsolvstraalens Bevægelse vedligeholdes af Vekselstrømmen eller den ensrettede Strøm, er det indlysende, at den sidste ikke tør sættes ned under en vis Grænse, idet Kvægsolvstraalens Amplitude, der jo er pro-

portional med Strømmen, maa have en vis Størrelse, for at Kommutatoren skal fungere sikkert og korrekt. Der er dog selv ved en Ensretter med blot én enkelt Straale et nogenlunde vidt Spillerum for Strømmen. For det første kan man nemlig normalt uden Ulempe lade Amplituden synke ca. 30—40 pCt. under den maksimale Værdi, og yderligere kan man ved — eventuelt automatisk — Forstærkning af Feltet i nogen Grad modvirke en Formindskelse af Strømmen. Alt i alt kan man vistnok regne med, at Strømmen ved en simpel enstraalede Ensretter med selvstændig Drift kan reguleres ned til Halvdelen eller Trediededelen af Maksimalværdien. Og ved større Ensrettersystemer, som arbejder med flere parallelle Straaler, kan Reguleringsområdet endnu udvides meget betydeligt derved, at man, efterhaanden som Strømmen nedsættes, automatisk udskyder den ene Straale efter den anden, saaledes at de resterende kommer til at føre hele den reducerede Strøm. Ved en Ensretter for maksimalt 500 Amp. og med 5 parallelle Straaler vil man efter denne Fremgangsmaade arbejde med alle 5 Straaler, saa længe Strømmen ligger over 400 Amp., med 4 Straaler ved Strømme mellem 300 og 400 Amp., med 3 Straaler mellem 200 og 300 Amp. og med 2 Straaler mellem 100 og 200 Amp. Endelig kan man med én Straale gaa ned til 50 Amp. eller maaske endog derunder. Imidlertid lader det sig altsaa principielt ikke gøre ved Ensrettere med selvstændig Drift at regulere Strømmen ned til Nul. Man raader Bod paa denne Mangel og løser Strømreguleringsproblemet fuldkomment ved at give Ensrettersystemerne bunden Drift, d. v. s. ved at gøre Kvægsolvstraalens Bevægelse uafhængig af den ensrettede Strøm. Strømreguleringsproblemet blev taget op til systematisk Behandling for 1½ Aar siden. Det er nu i Hovedsagen gennemarbejdet. Af de foreliggende Løsninger skal her kun beskrives en enkelt, vel nok den simpleste og den bedste.

Den er vist i Fig. 7. Kvægsolvstraalekommutatoren adskiller sig, som det ses, kun i ringe Grad fra Kommutatoren med selvstændig Drift. Hvad der er kommen til, er blot en tredje Elektrode, Hjælpeelektroden E med en knivformet Kant, hvis Æg er stillet saaledes i Forhold til Straalen, at den af denne skræller en lille Spaan, hvis Tværsnitsareal kun behøver at være en ringe Brøkdæl, vel ca.  $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{5}$  af Straalens. Til Adskillelse fra andre Former for Hjælpeelektroden betegnes den her beskrevne som en Skrælleelektrode. Skrælleelektroden er anbragt umiddelbart under Feltet, hvor Straaleamplituden endnu kun er ganske lille. Gennem Elektroden og Straalerøret leder man en Strøm, Hjælpestrømmen, ind og ud af den Del af Straalen, som passerer Feltet. Denne Strøm giver sammen med Feltet den hele Straale, altsaa ikke blot den Del, der ligger mellem E og R, den for Ensretningen nødvendige Bevægelse. I Figuren er Hjælpestrømmen en Jævnstrøm frembragt ved en Akkumulatorcelle, der kan holdes opladet ved ensrettet Strøm. Feltet maa da være et Vekselfelt, der fødes med Strøm fra Kilden til den Vekselstrøm, som skal ensrettes. Man kan dog ogsaa, og med Fordel, sende en synkron Vekselstrøm gennem Straalen og lade Feltet være et Jævnfelt. Til selve Ensretningen anvendes nu kun den nederste Del af Straalen mellem E og Hovedelektroden  $E_1$  P  $E_2$ . E optræder herved som Elektrode i Stedet for Straalerøret ved Enfaseensretterne med selvstændig Drift, medens Hovedelektroden be-



nyttes ganske som før. Da den ensrettede Strøm eller Vekselstrømmen nu ikke længere passerer Feltet, bliver Amplituden ganske uafhængig af den aftagede Strøm og alene bestemt ved den Værdi, man giver Hjelpestrømmen. Den ensrettede Strøm kan følgelig reguleres fra Maksimalværdien ned til Nul. Da den for Ensretningen nødvendige Bevægelse altid er til Raadighed, falder Startproblemet i alle Tilfælde bort, og da Forbindelsen mellem Straalens Bevægelse og Generatorens Spænding nu er fuldkommen entydig bestemt, er ogsaa den frembragte Strøm entydigt bestemt, hvad dens Retning angaar. Hermed er der gjort Rede for den fuldstændige Løsning af Ensretterproblemet ved simpel Vekselstrøm. Vi skal nu se, hvorledes en Ensretter for flerfaset, specielt trefaset, Vekselstrøm kan fremstilles.

#### Flerfaseensrettere med adskilte Faser.

Flerfaseensrettere kan bygges sammen af parallelt arbejdende Enfaseensrettere, en for hver Fase. Sædvanligvis arbejder man i Ensrettere for flerfaset Strøm med elektrisk adskilte Faser, d. v. s. man arbejder i hvert Øjeblik kun med én Fase. Det er saaledes Tilfældet ved Cooper-Hewitt's Ensretter. Ved trefaset Strøm betyder det, at man i Almindelighed kun udnytter den midterste Trediedel af hver Halvperiode. I Jævnstrømskredsen faar man da en svagt pulserende elektromotorisk Kraft af den Form, der er givet ved den stærkt optrukne Kurve i Fig. 8.

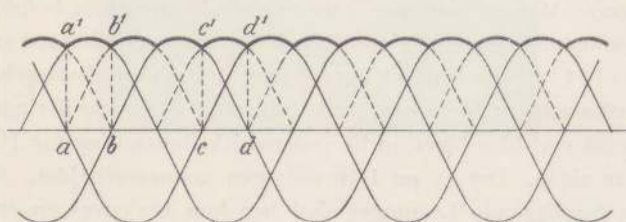


Fig. 8.

Man kunde tænke sig, at fremstille Kommutatorerne til en Ensretter af den antydende Type med Anvendelse af en afbrudt Elektrode som vist i Fig. 9 bestaaende af to Elektrodestykker  $E_1$   $E_2$  begrænsede ved isolerende, skærpede Vægge  $P_1$   $P_2$  og adskilt ved et passende Mellemrum. Giver man Straaleamplituden den rette Størrelse, maa man

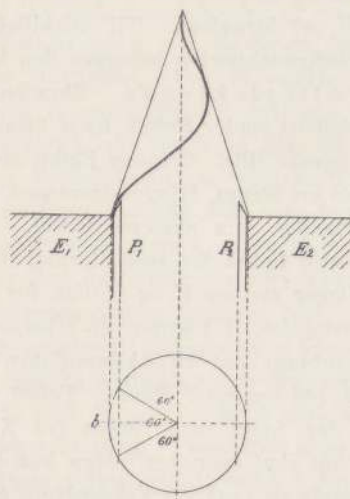


Fig. 9.

kunne opnaa, at Straalen rører  $E_1$  og  $E_2$  hver i en Trediedel Halvperiode, og hermed var da opnaaet, hvad der tilstræbes. Imidlertid vil et Blik paa Fig. 9 vise, hvor van-

skeligt det vilde være med tilstrækkelig Sikkerhed at vedligeholde den rigtige Størrelse af Amplituden. I Figurens nederste Del er Straalesporets svingende Bevægelse anskueliggjort paa kendt Maade ved Projektionen af en Rotation med konstant Vinkelhastighed i en Cirkel. Skal nu Straalesporet røre f. Eks.  $E_1$  i en Trediedel af en Halvperiode, saa skal det Stykke, det bevæger sig ud over  $E_1$ , kun være den i Figuren antydende ganske lille Strækning. Og Strækningen skal overholdes meget nøje, idet blot en lille Ændring i den vil bevirke en stor Ændring i den Tid, i hvilken Straalesporet rører Elektrodestykket. Det siger sig selv, at det vil være næsten umuligt i Praksis at fastholde den rigtige Amplitude med den Grad af Sikkerhed, som der her bliver Tale om. Maaden, hvorpaa Vanskeligheden er overvundet, er følgende. I Stedet for at fjerne de to Elektrodesider fra hinanden hæver man Kanten af den adskillende, isolerende Væg i Vejret. Vil man have, at Straalen skal slutte Strøm nøjagtig i  $\frac{1}{3}$  af hver Halvperiode, skal Kanten principielt træde  $\frac{2}{3}$  af en Halvbølge frem foran Elektrodens Overflade, saaledes, som det er antydnet i Fig. 10. I det viste Øjeblik slutter Straalen netop

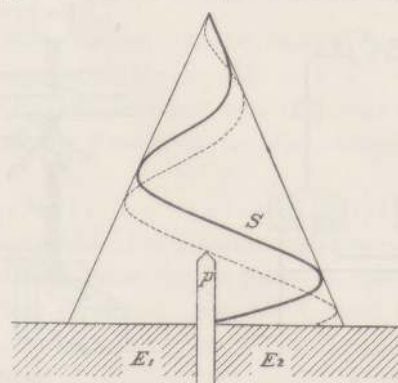


Fig. 10.

Forbindelsen fra Hjelpeelektroden til  $E_2$ . Denne Forbindelse vil vedvare, til Straalen overskæres af den isolerende Kant, hvad der vil indtræde efter  $\frac{1}{3}$  Halvperiodes Forløb, fordi Afstanden fra Isolatorens Kant til Straalen i det i Fig. 10 viste Øjeblik netop er  $\frac{1}{3}$  af en Halvbølge. Efter Overskæringen er Forbindelsen fra  $E$  til Hovedelektroden afbrudt, indtil den forreste Del af den til venstre viste Halvbølge naar frem til  $E_1$ , hvad der tager  $\frac{2}{3}$  Halvperiode. Herefter er der sluttet Forbindelse mellem  $E$  og  $E_1$  i en  $\frac{1}{3}$  Halvperiode, hvorefter ingen Forbindelse bestaar i den næste  $\frac{2}{3}$  Halvperiode o. s. v. Kommutatoren arbejder altsaa nøjagtigt som tilsigtet, og Kommuteringens Godhed paavirkes ikke længere af Amplitudens Størrelse, idet Bølgebredden er praktisk set uafhængig af denne. Kommuteringen er netop lige saa sikker, som den er ved Kommutatoren for simpel Vekselstrøm.

I Virkeligheden skal den isolerende Væg staa noget mere end  $\frac{2}{3}$  Halvbølge frem foran Elektrodens Overflade, hvilket ligger i, at Straalen har en vis Tykkelse og deri, at Kvægsølvet tværs over den isolerende Kant danner en Streng, der først brister, naar den er trukket ud til en vis Længde. De samme Forhold bevirker ved Enfasekommutatorens Elektrode, at den isolerende Kant maa rage lidt frem foran Overfladen.

Trefaseensretterproblemet er først taget op til Behandling i det sidste Aar. Hidtil er der især arbejdet med Ensrettere med i Hovedsagen adskilte Faser efter det oven-



for antydende Princip. Andre Principper og Former er mulige. Om disse vil det dog vistnok endnu være for tidligt at give Meddelelse.

#### Den praktiske Udførelse af Kvægsølvstraalekommutatoren.

Den praktiske Udførelse af Kvægsølvstraalekommutatoren slutter sig nær til den ovenfor givne Beskrivelse. Den kan belyses ved Fig. 11, der viser Hovedbestanddelene.

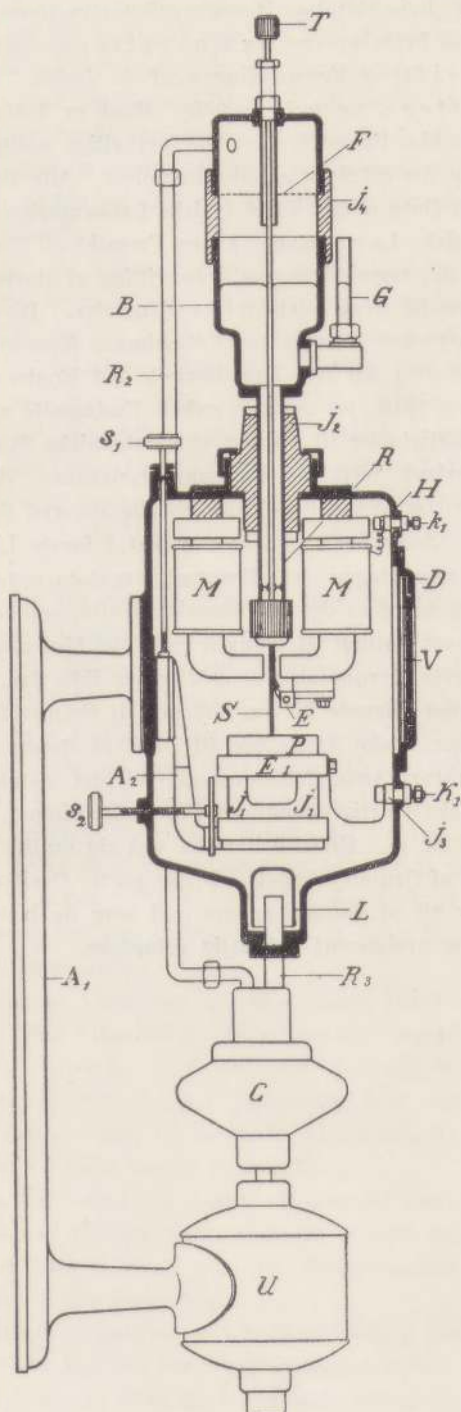


Fig. 11.

Disse er: Huset eller Kamret H, i hvilket den egentlige Kommutator er indbygget. Dette fremstilles passende af Støbejern. Det holdes fyldt med Belysningsgas eller Brint, hvorved Buedannelse hindres. Det er forsynet med en Dør D i den ene Side. I Døren og ofte i to af Husets andre Sider er der indsat Ruder af klar Celluloid, saaledes at man kan se alt, hvad der foregaar i Kamret. Vinduerne tjener tillige som Sikkerhed mod Eksplosioner, frem-

kaldt ved Uagtsomhed. Ind i Kamret er Magnetsystemet M M bygget og tillige Elektroden  $E_1$   $E_2$  P med dens isolerende Støtter  $I_1$   $I_2$ . Elektroden staar paa en Slæde, ved hvilken den kan forskydes udefra — ved Drejning af Haandhjulet  $s_2$  — i den isolerende Kants Retning. Her ved opnaaes, at man, naar et Punkt af Kanten er gjort ubrugeligt ved Kommutteringsgnisten, kan føre Nabopunktet ind i Straalen og saaledes efterhaanden udnytte alle Kantens Punkter. Den omtalte Slæde bæres af en Arm  $A_2$ , der sidder paa en anden Slæde, som ved Haandhjulet  $s_1$  kan bevæges op og ned, hvorved Elektrodens Overflade kan indstilles i den rette Afstand fra Feltet. Under Magnetens ene Polsko er Skrælleelektroden E anbragt isoleret fra Skoen. Fra E og fra Hovedelektrodens to Dele  $E_1$   $E_2$  fører bøjelige Kabler til tre isolerede Gennemføringer med Klemskruer (Møttriker) K, hvoraf kun den ene  $K_1$  er vist i Figuren. Magneten tilføres Strøm gennem to mindre Gennemføringer k, hvoraf den ene er vist som  $k_1$ . Kvægsølvet flyder fra Kamret gennem en Laas L i Bunden af dette til en Centrifugalpumpe C, der er anbragt umiddelbart under Kamret. Pumpen drives ved en Elektromotor. Den hæver Kvægsølvet op gennem Røret  $R_2$  til et Reservoir, der bestaar af to Dele, det egentlige Reservoir B og en over denne anbragt Adskiller. Adskilleren bestaar af en cylindrisk Beholder, isoleret fra B ved Ringen  $I_1$ . Bunden i Beholderen er dannet af en perforeret Plade F af Karton eller Staal. Gennem denne flyder Kvægsølvet i Form af en fin Regn ned i B. Regnen leder ikke den elektriske Strøm; man opnaar altsaa ved Adskilleren at isolere Pumpen elektrisk fra Straalerøret R. Dette er ført isoleret gennem Husets Loft og ender i en Udvidelse, i hvilken det straaledannende Element, en Staalplade med en stump konisk Boring er skruet. For Straalehullet lukker man, naar Kommutatoren er ude af Drift, ved en Ventil, der løftes i Vejret ved Knappen T og fastholdes i den løftede Stilling ved en Bajonetlaasindretning. Kommutatoren med Pumpe kan ved mindre Systemer være bygget ud fra en Støbejernsknægt A, bestemt til Fastboltning i en Væg. Ved større Systemer vil man foretrække at fastgøre Kommutatoren paa et Stativ eller en Fod, der staar paa Gulvet.

#### Almindelige Egenskaber ved den nye Ensretter.

Der er hidtil bygget og i Laboratoriet arbejdet med Ensrettere for Enfasestrøm og for trefaset Strøm op til ca. 10 kW. Naar større Effekter ikke er ensrettet, er Aarsagen dog kun den, at de til Raadighed staaende Forsøgsanlæg ikke har tilladt det. Der er ved Ensretning produceret Jævnstrøm med indtil 500 Volts Spænding, men intet tyder paa, at ikke betydelig højere Spændinger kan fremstilles. Det er ved Drift over timelange Perioder konstateret, at en god Driftssikkerhed er opnaaet. Den er opnaaet paa Grundlag af omfattende Undersøgelser over den bedste Form for det straaledannende Element og over de bedste Materialer for Elektrodens isolerende Væg. Ved Anvendelse af et passende Materiale og ved rigtig Dimensionering slides Isolatorens Kant meget langsomt af Kommutteringsgnisten, saaledes at et og samme Punkt af Isolatorens Kant kan bruges flere Timer igennem. Det er ved direkte Forsøg paavist, at der praktisk set ikke finder



noget Forbrug af Kvægsølv Sted. Det Støv, der dannes ved Kommuteringen, omdannes altsaa atter i Hovedsagen til massivt Kvægsølv ved Udvaskning med den øvrige Kvægsølvmasse.

Omfattende Undersøgelser er udført over Ensretterens Tab under forskellige Forhold. Der skal ikke her gives nogen Beretning om disse Undersøgelser, der er nøje knyttet sammen med Studiet af Kommuteringsforholdene. Saa meget kan dog siges, at man paa Grundlag af hidtidige Erfaringer tør gaa ud fra, at det ved smaa Ensrettere under 10 kW. vil være let at naa Virkningsgrader for det fuldstændige System af ca. 80 pCt., medens man ved store Ensrettere synes at maatte kunne naa Virkningsgrader paa 95 pCt. eller derover. Fælles med *Cooper-Hewitt*-Ensretteren vil den nye Ensretter have den Egenskab, at Virkningsgraden i relativ ringe Grad er afhængig af Belastningen. Dette er som bekendt den Egenskab, der ved stærkt varierende Belastning giver Ensretteren Fortrinet fremfor roterende Omformere.

I Modsætning til *Cooper-Hewitt's* Ensretter rummer det nye System ikke noget konstant Spændingstab. Kvægsølvstraaleensretteren synes derfor for Eks. egnet til Fremstilling af lavspændt Jævnstrøm, saaledes som den benyttes i elektrokemisk Industri. Men lige saa anvendelig synes den at maatte være som Mellemed mellem et Vekselsstrømsnet og Jævnstrømsmotorer, i ethvert Fald ved Motorer paa op til 500 Volt. Rimeligvis vil den kunne faa Betydning som Omformer i Undercentraler, der leverer «Jævnstrøm, men faar Energien tilført i Form af Vekselsstrømsenergi. Smaaensrettere er der endelig Brug for til Opladning af Akkumulatorbatterier, Drift af Jævnstrømsbuelamper i Biografteatre, Hospitaler, Signalstationer m. m. Muligvis vil saadanne Ensrettere ogsaa vise sig egnede til Erstatning af Magnetiseringsmaskinen i Generatorer for en- og flerfasel Vekselsstrøm, saaledes at disse paa en Maade gøres selvmagnetiserende.

#### Historiske Bemærkninger.

Det foregaaende gengiver Hovedresultater af et fysisk-teknisk Forskningsarbejde, der har strakt sig over flere Aar. Ideen til Ensretteren stammer fra 1907. I Aarene 1913—1918 blev Ensretterne med selvstændig Drift udformede og underbyggede med talrige specielle Undersøgelser. Dette Tidsrums Arbejde er beskrevet i min Bog »Nye Ensrettere og periodiske Afbrydere«. I Slutningen af Aaret 1918 indledes en ny Række Arbejder, hvis hidtidige Hovedresultater er Gennemarbejdningen af Principperne for Ensretterne med bunden Drift og Fremstillingen af de første Trefaseensrettere, og hvis endelige Maal er Udformningen af en Række Ensrettere for de forskellige mulige Anvendelser og for Effekter af alle Størrelser. Alle Undersøgelser er til Dato udført i Det fysiske Laboratorium paa Den polytekniske Læreanstalt. I nær Fremtid vil Forsøg blive optaget, der tager Sigte paa Fremstilling af større Trefaseensrettere til Brug i elektriske Centraler. Disse Forsøg vil, takket være Velvilje fra Københavns Kommunes Side, blive udført i det nye Ørstedsværk ved Enghavebrygge.

Siden 1918 ejes med en enkelt Undtagelse alle Patenter og Rettigheder til det nye elektrotekniske System af et dansk privat Selskab, Kommanditselskabet Hartmanns Ensretter, og af dette Selskab er alle de nye Forsøg bekostede. Selskabet tager som nævnt i første Linie Sigte paa Udformningen af Kvægsølvstraaleensrettere, men ved Siden heraf er det dog Hensigten efterhaanden og saa hurtigt som muligt at udnytte alle de Muligheder, som Grundsystemet rummer — og disse er ikke faa. Saaledes er Systemet allerede bleven anvendt til Fremstilling af en Række periodiske Afbrydere til Drift af Røntgeninduktorer. Et stort Anvendelsesomraade vil det vistnok have i automatiske Hurtigregulatorer, Startindretninger, Strømgrænsere m. m. Endelig har det vist sig muligt med Anvendelse af Grundsystemet at bygge en ny Oscillograftype, der efter alt at dømme er saa god som de bedste hidtil kendte og utvivlsomt betydelig robustere.



# Anvendelse af Elektricitet i Dansk Landbrug.

Af Direktør P. Randers.

Naar jeg har paataget mig i et kort Foredrag at give en Fremstilling af Elektricitetens Anvendelse i Dansk Landbrug, maa jeg forudskikke den Bemærkning, at det under de nuværende springende Prisforhold er yderst vanskeligt at drage en Sammenligning om Rentabiliteten imellem Elektriciteten og anden i Landbruget anvedelig mekanisk Drivkraft.

Jeg har da ogsaa forstaaet min Opgave saaledes, at Interessen mere samler sig om at faa fastslaaet, at de mange Millioner, der — navnlig i de sidste 5—6 Aar — er brugt til elektriske Anlæg paa Landet, har faaet en forsvarlig Anvendelse. Thi nægtes kan det ikke, at Olie- og Brændselsvanskelighederne under Krigen i en næsten uhyggelig Grad har fremskyndet Bygningen af disse Anlæg, saaledes at man optaget heraf for en Del har glemt at tænke over de fremtidige Rentabilitetsforhold ved Driften.

Indtil for faa Aar siden gjorde den Opfattelse sig almindeligvis gældende, maaske mest paa Landet, at Elektricitet var en Luksus, som kun de mere velhavende havde Raad til at bruge. Jeg husker saaledes, at da vi i 1908 paa den Egn i Jylland, hvor jeg da boede, var saa »let-sindige« at tegne os som Forbrugere af Elektricitet fra det Selskab, der vilde bygge den elektriske Bane mellem Aarhus og Randers, hvorledes vi følte det som en Lettelse, da Aaret, hvori vi havde bundet os, gik, uden at Sagen kom til Udførelse. Forholdene har nu udviklet sig til, at kun meget faa paa Landet mener at have Raad til at undvære Elektriciteten.

Den stærke Udvikling indenfor dansk Landbrug, der har fundet Sted i den sidste Menneskealder, navnlig Overgangen fra Kornavlén til Kvægholdet med alt, hvad dermed fulgte af Omlægning i Sædskiftet, har medført en større og større Trang til mekanisk Drivkraft, for at den mere intensive Drift kunde gennemføres.

Denne Udvikling har dannet et naturligt Grundlag for Anvendelsen af Elektriciteten, saaledes at man næsten tør paastaa, at Elektriciteten blev en Nødvendighed for, at Udviklingen kunde fortsættes.

For at faa et Indtryk af, i hvilket Omfang Elektriciteten i de sidste Aar har bredt sig ud over Landet, skal jeg nævne, at ifølge en Oversigt i »Teknisk Tidsskrift« findes i 1913 i hele Landet kun 83 Jævnstrømsanlæg med en Tilslutning af ialt 82 834 Lampesteder og 7 644 H.K. i Elektromotorer.

Fordelingen i de forskellige Landsdele var:

|                           | Antal<br>Værker | Antal<br>Lampesteder | Antal.<br>H. K. |
|---------------------------|-----------------|----------------------|-----------------|
| Jylland .....             | 38              | 33 280               | 948             |
| Fyn .....                 | 33              | 30 489               | 4 064           |
| Bornholm og Loll.-Falster | 4               | 6 150                | 779             |
| Sjælland .....            | 8               | 12 915               | 1 853           |

Af Højspændingsanlæg fandtes paa samme Tidspunkt for hele Landet ialt 3 med en samlet Tilslutning af 1 12 568 Lampesteder og 4 519 H.K. i Elektromotorer. Af disse fandtes de 2 paa Fyn og det tredje paa Sjælland. I hele Landet var der altsaa en samlet Tilslutning af 1 95 402 Lampesteder og 12 163 H.K.

I samme Tidsskrift for 11. August d. A. er givet en Oversigt over Antal Elektricitetsanlæg for hele Landet, som var i Drift inden November 1919. Det fremgaar heraf, at der nu af Jævnstrømsanlæg findes ialt:

|                               | Antal<br>Anlæg | Antal<br>Lampesteder | Antal<br>H. K. |
|-------------------------------|----------------|----------------------|----------------|
| Jylland .....                 | 224            | 404 094              | 35 862         |
| Fyn .....                     | 100            | 192 399              | 25 912         |
| Sjælland .....                | 55             | 130 592              | 11 166         |
| Bornholm og Loll. Falster ..  | 39             | 88 295               | 15 093         |
|                               | 418            | 815 380              | 88 033         |
| Højspændingsanlæg             | 40             | 1 077 443            | 116 240        |
| Ialt Værker for hele Landet.. | 458            | 1 892 823            | 204 273        |
| Ialt Fremg. f. Jævnstrømsanl. | 335            | 732 546              | 80 389         |
| pCt. —                        | 404            | 884                  | 1 053          |
| Ialt — f. Højspændingsanl.    | 37             | 961 875              | 111 721        |
| pCt. —                        | 1 233          | 855                  | 2 472          |
| Ialt Fremgang .....           | 372            | 1 695 421            | 192 110        |
| pCt. —                        | 433            | 867                  | 1 505          |

Det, man navnlig lægger Mærke til i denne Fremstilling, er den mægtige Fremgang for Højspændingsanlægene i Motor-Tilslutningen, der i H.K. udgør ikke mindre end 2 472 pCt. imod 1 053 for Jævnstrømsanlæggene, hvilket fortæller os, at de førstnævnte Anlæg er naaet bedre ud i Landbruget, hvor Elektriciteten til Kraft spiller den største Rolle, selv om Lyset ogsaa har sin store Betydning.

I øvrigt viser Tallene en betydelig Fremgang i Tilslutningen til elektriske Anlæg i de 7 Aar.

Jævnstrømsanlæggene er hovedsageligt byggede i vore Stationsbyer, dog ogsaa for en Dels Vedkommende i større, tætbebyggede Landsbyer, men den almindelige Elektrificering af Landsbyerne vil dog kun finde sin Løsning gennem Højspændingsanlæggene, som er i Stand til ogsaa at kunne naa ud til saa godt som alle Udflyttergaarde. Saa selv om der er bygget en Del Jævnstrømsanlæg i de sidste Aar paa Steder, hvor Forholdene herfor har været særlig gunstige og hvor man ikke har villet vente paa de store Anlægs Gennemførelse, gaar Udviklingen dog stærkt i den Retning, at Højspændingsanlæggene bliver de dominerende og de vil nok ogsaa med Tiden opsluge de smaa Værker.

Da det saaledes er Højspændingsanlæggene, der fan-



ger den største Interesse, vil jeg i det følgende kun beskæftige mig med disse.

Saadanne Anlæg opstaar almindeligvis paa den Maade, at Beboerne indenfor et begrænset Omraade slutter sig sammen i et Andelsselskab, antager en teknisk Konsulent, der udarbejder Projekt og fører Kontrol med Anlæggene indtil de er færdigbyggede. De første Anlæg af den Slags byggede som Regel egen Kraftcentral. Senere er man mere og mere gaaet over til at købe Elektriciteten af en eller anden nærliggende Købstadskommune for derved at undgaa Anlægsudgifterne til de kostbare Centraler.

Denne sidste Form maa ogsaa anses for at være den bedste, men den kræver en vis Grad af Forstaaelse fra begge Parter Side, som ikke altid er lige let at faa frem. En Centralisering af hele vor Elektricitetsforsyning, hvorpaa der arbejdes nu, er ogsaa lettere gennemførlig jo færre Centraler, der er byggede.

#### Hvad koster da et saadant Højspændingsanlæg at bygge?

Jeg vil kun komme ind paa at besvare Spørgsmaalet for Ledningsnettets Vedkommende, da jeg gaar ud fra, at Produktionen af den elektriske Energi i Fremtiden vil komme til at foregaa paa store Fællescentraler eller overføres hertil fra Norge eller Sverige. Til Ledningsnet regner jeg alt, hvad der er nødvendigt til Fordelingen af Strømmen, ogsaa Administrationsbygning, Boliger til Driftspersonale, Driftsmateriel o. lign.

Det, der da har særlig Interesse, er, hvor stor den enkelte Forbrugers Andel bliver i disse Anlægsudgifter. Som jeg fremførte i Indledningen, er det næsten umuligt at besvare Spørgsmaalet paa anden Maade end ved at tage et Eksempel fra et enkelt Anlæg, fordi det statistiske Materiale, der foreligger i saa Henseende er saa mangelfuldt, at man ikke kan bygge noget paa det.

Jeg vil da tage mit Eksempel fra et Anlæg, der blev bygget i 1916—17 i Jylland og som ikke byggede egen Kraftcentral, men købte Elektriciteten fra den nærliggende Købstad. Dette Anlæg omfatter 28 Landkommuner og har en Tilslutning af 90 Transformatorstationer. Der er bygget 250 km Højspændings- og 400 km Lavspændingsledning, og tilsluttet 46 000 Lampesteder samt 8 500 HK. i Motorer. Medlemsantallet er godt 3 000 og disse repræsenterer 50 Mill. Kr. i Ejendomsskyld, 50 000 Tdr. Ld. Agerjord og 4 218 Tdr. Hartk.

Da Anlægget stod færdigt til Drift, havde det kostet Selskabet 2½ Mill. Kr. og den enkelte Andelshavers Part i Anlægskapitalen bliver herefter:

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| pr. Andelshaver .....        | Kr. 834.00 |
| - 1 000 Kr. Ejendomsskyld .. | - 50.00    |
| eller - Td. Ld. Ager.....    | - 50.00    |

Det vil sige, at en Gaard paa 50 Tdr. Ld. Agerjord faar en Andel i Anlægskapitalen paa Kr. 2 500, naar Udgifterne lignes pr. Td. Ld. eller pr. 1 000 Kr. Ejendomsskyld. Selskabet rejste et Laan at amortisere i 28 Aar og de nødvendige Beløb hertil blev paalignet Elektricitetsforbruget.

Da Priserne siden 1916 er stegen med mindst 100 pCt. bliver de ovennævnte Beløb for de, der maa bygge et Anlæg nu, forhøjet til det dobbelte, altsaa 5 000 Kr. for

en Gaard med 50 Tdr. Ld. eller 50.000 Kr. Ejendomsskyld.

Det næste Spørgsmaal af Interesse er:

#### Hvad koster en elektrisk Installation?

Herpaa kan svares, at ifølge Regninger fra det samme Anlæg, kunde en Installation paa en Gaard med et Areal af 60 Tdr. Ld. Ager, hvortil hører Bygninger af almindelig Størrelse, laves for en Sum af ialt .... Kr. 1 867.00, der fordeler sig saaledes:

|                                        |              |
|----------------------------------------|--------------|
| Lysinstallation (40 Lampesteder) ..... | Kr. 1 011.51 |
| Kraftinstallation .....                | - 355.24     |
| 1 Elektromotor (10 H. K.) .....        | - 500.25     |

En tilsvarende Installation vil i Dag koste mindst 100 pCt. mere eller rundt regnet 4 000 Kr.

Beløbene for disse Installationer amortiseres som Regel paa 10 Aar. Inden for hver Kommune rejses et fælles Laan, som Andelshaverne hæfter solidarisk for. I de Aar disse Laan skal tilbagebetales har Forbrugerne en ret stor aarlig Udgift hertil, men som forhaabentlig ophører, naar de 10 Aar er gaaet, idet vi haaber paa, at en Installations Levetid gaar langt ud over dette Tidsrum; men nogen større Erfaring herfor har vi dog ikke.

Man kan ikke sige andet, end at de elektriske Anlæg er dyre med de nugældende Priser, men dog ikke forholdsvis dyrere end alt andet. En stor Fordel har selvfølgelig de, der tog fat og byggede deres Anlæg før eller i Krigens første Aar; Elektriciteten kan til saadanne leveres til en betydelig lavere Pris end de, der maa bygge nu. Dette Forhold har dog ikke fortaget Lysten hos Landmændene til at søge Tilslutning til elektriske Anlæg; tværtimod. Det er langt lettere nu at faa den nødvendige Tilslutning end før Krigens. Dette hænger naturligvis sammen med de stærkt forandrede Forhold i det hele taget; ogsaa med Hensyn til Pengenes forandrede Værdi.

Vil man have et Grundlag for en Sammenligning af det Prisforhold, hvori en elektrisk Installation staar til f. Eks. en Gaard paa 60 Tdr. Ld. før og nu, behøver vi blot at nævne, at i 1916, da en Gaard af den Størrelse kostede ca. 60 000 Kr., kunde en Installation laves for 1 867.00 Kr. I 1920 vil den samme Gaard med Lethed kunne koste 135.000 Kr. og en Installation laves for ca. 4 000 Kr., en Stigning i begge Tilfælde af ca. 125 pCt. Ved Køb af Landejendomme vil der i Fremtiden blive taget meget Hensyn til, om der er indlagt Elektricitet eller at i hvert Fald Beliggenheden er saaledes, at en Tilslutning er mulig.

Hvor stort er det aarlige Forbrug i kWT. hos de forskellige Forbrugere og hvad beløber det sig til i Penge?

Som Svar herpaa skal jeg tillade mig at fremdrage nogle Eksempler paa, hvad der erfaringsmæssigt er brugt og hvad der er betalt i det før nævnte Anlæg; der foreligger nemlig heller ikke her statistisk Materiale, saaledes at Spørgsmaalene kan besvares med Gennemsnitstal fra flere Anlæg.

Den Pris, hvortil Strømmen kan fordeles, betinges af 2 Hovedfaktorer:



1. den Pris, hvortil Anlægget er bygget og
2. den Pris, hvortil Strømmen kan købes eller produceres paa egen Central.

For at faa et godt Grundlag til Spørgsmaalenes Besvarelse, har jeg udregnet Middelforbruget for 80 Gaarde i et Aar. Gaardene er valgte ganske vilkaarlige og indtelt saaledes, at der er taget Middeltal af:

|                               |
|-------------------------------|
| 20 Gaarde fra 10—25 Tdr. Land |
| 20 — - 25—50 —                |
| 20 — - 50—100 —               |
| 20 — over 100 —               |

Til nærmere Belysning af de Tal, jeg nu skal fremføre, tjener, at Selskabet har betalt Strømmen med rundt 29 Øre pr. kWT. leveret paa dets Hovedtransformatorstation. Ved en Pris af 120 Øre for Strøm til Lys og 60 Øre for Strøm til Kraft har Selskabet kunnet dække Udgifterne til Indkøb af Strøm, Forrentning og Afdrag paa Anlægslaan, Vedligeholdelse af Anlægget, Administration m. m.

Jeg har samlet Resultaterne i 2 Tabeller, nemlig Tabel a, som udviser den gennemsnitlige Størrelse af Gaardene i Tdr. Ld. Ager, Værdi efter Ejendomsskyld, samt Tilslutning i Lampesteder og HK. i Motorer, og endelig Forbruget i kWT. baade til Lys og Kraft, samt Tabel b, der viser de aarlige Udgifter i alt for de forskellige Størrelser af Gaarde ved en Pris af 120 Øre for Lys og 60 Øre for Kraft, samt disse Udgifter beregnet pr. 1 000 Kr. Ejendomsskyld, pr. Td. Ld., pr. installeret Lampe og pr. HK.:

Kr. har et aarligt Forbrug af 158 kWT. til Lys og 517,8 kWT. til Kraft; og af Tabet b ser vi, at dette Forbrug ved en Pris af 120 og 60 Øre, henholdsvis for Lys- og Kraftelektricitet giver en aarlig Udgift paa i alt Kr. 1 89,09 til Lys og Kr. 310,63 til Kraft, tilsammen Kr. 499,73.

De Tal, der har størst Interesse, er for Lysforbrugets Vedkommende (se Tabel a) Tallene under »Forbrug pr. 1 000 Kr. Ejendomsskyld« og »pr. Lampested«, idet det viser sig, at Forbruget pr. 1 000 Kr. Ejendomsskyld er jævnt dalende, saaledes at Gaarde paa 10—25 Tdr. Ld. bruger 4,4 kWT., naar Gaarde paa over 100 Tdr. Ld. kun bruger 1,99, medens Forbruget pr. Lampested praktisk talt er lige stort for de forskellige Størrelser af Gaarde.

For Kraftforbrugets Vedkommende er Differencen ikke stor i Forbruget pr. 1 000 Kr. Ejendomsskyld. Laveste Forbrug 7,0 kWT. falder paa Gaarde fra 10—25 Tdr. Ld. og højeste 8,82 paa Gaarde over 100 Tdr. Ld. Heller ikke Forbruget pr. Td. Ld. giver synderlig Afvigelse, hvorimod Forbruget pr. HK. er langt højere for de store Gaarde og naar op til 70,5 kWT., medens Gaarde fra 10—25 Tdr. Ld. kun bruger 19,27 kWT., et Forhold, der selvfølgelig hænger sammen med, at de mindre Gaarde altid har en forholdsvis større Kraftinstallation i HK. end de større. De samme forholdsmæssige Forskydninger gør sig følgelig gældende i Tabel b, hvor Forbruget er omregnet i Penge.

Man vil have lagt Mærke til, at Selskabets Udgifter udelukkende er dækket gennem en Kilowatttimepris. Spørgsmaalet om, hvorvidt en saadan Betalingsmaade er rigtig og rammer retfærdig, er af saa stor Interesse, at jeg gerne i denne Forbindelse vil have Lov til at strejfe lidt

Tabel a. Middelforbrug af KWT. i et Aar.

| Gaarde fra     | Middel Størrelse i |                         | Middel Tilslutning i |           | Lysforbrug                  |                |       | Kraftforbrug                |                  |         |        |
|----------------|--------------------|-------------------------|----------------------|-----------|-----------------------------|----------------|-------|-----------------------------|------------------|---------|--------|
|                | Tdr. Ld.           | 1000 Kr. Ejendoms-skyld | Antal Lampe-steder   | Antal HK. | pr. 1000 Kr. Ejendoms-skyld | pr. Lampe-sted | Ialt  | pr. 1000 Kr. Ejendoms-skyld | pr. Td. Ld. Ager | pr. HK. | Ialt   |
| 10—25 Tdr. Ld. | 18,1               | 19,6                    | 18,3                 | 6,5       | 4,4                         | 4,38           | 80,5  | 7,0                         | 6,44             | 19,29   | 126,4  |
| 25—50 » »      | 36,9               | 39,3                    | 26,6                 | 9,1       | 3,28                        | 4,56           | 121,4 | 7,96                        | 7,48             | 32,30   | 294,3  |
| 50—100 » »     | 63,3               | 54,0                    | 30,5                 | 10,01     | 2,78                        | 4,93           | 150,3 | 7,60                        | 6,49             | 40,45   | 410,6  |
| over 100 » »   | 189,5              | 140,5                   | 60,6                 | 17,6      | 1,99                        | 4,62           | 297,7 | 8,82                        | 6,54             | 70,50   | 1239,6 |
| Gennemsnit:    | 78,0               | 62,4                    | 34,0                 | 10,8      | 2,53                        | 4,65           | 158,0 | 8,10                        | 6,64             | 47,94   | 517,8  |

Tabel b. Middelludgift i Kroner for et Aar.

| Gaarde fra     | til Lys                     |                |              | til Kraft                   |             |         |                | Ialt for Lys- og Kraft |
|----------------|-----------------------------|----------------|--------------|-----------------------------|-------------|---------|----------------|------------------------|
|                | pr. 1000 Kr. Ejendoms-skyld | pr. Lampe-sted | Ialt for Lys | pr. 1000 Kr. Ejendoms-skyld | pr. Td. Ld. | pr. HK. | Ialt for Kraft |                        |
| 10—25 Tdr. Ld. | 5,21                        | 5,16           | 94,65        | 4,18                        | 3,86        | 11,58   | 75,85          | 170,50                 |
| 25—50 » »      | 3,94                        | 5,44           | 145,72       | 4,78                        | 4,50        | 19,40   | 176,55         | 322,72                 |
| 50—100 » »     | 3,34                        | 5,92           | 180,35       | 4,56                        | 3,89        | 24,27   | 246,39         | 426,74                 |
| over 100 » »   | 2,39                        | 5,54           | 335,60       | 5,29                        | 3,92        | 42,31   | 743,75         | 1079,35                |
| Gennemsnit:    | 3,03                        | 5,56           | 189,09       | 4,98                        | 3,99        | 28,32   | 310,63         | 499,73                 |

Af Tabel a nederste Linie fremgaar det, at en Gaard paa 78 Tdr. Ld. med en Ejendomsskyld paa godt 62 000 ind herpaa. Det, der nemlig er det vanskeligste af alt for dem, der har med Administrationen af Landelektrici-



tetsselskaberne at gøre, er at faa Balance i Kassen, hvilket i Grunden ikke er saa sært, naar man tænker sig den umaadelige Stigning i Priserne i de sidste 5—6 Aar.

Da man byggede de første Anlæg paa Landet, gik man ud fra at kunne nøjes med den Pris, der var almindelig i Byerne, nemlig 20 og 40 Øre pr. kWT. Denne Pris viste sig imidlertid meget hurtig at være for lille og medførte for de allerfleste Landværkers Vedkommende, at naar Aarsregnskabet forelaa, udviste det et større eller mindre Underskud. Og selv om der ved enkelte Værker netop kunde skaffes Balance, skete det som Regel paa Bekostning af Henlæggelserne til Fornyelse af Anlæggets enkelte Dele. Naar et Landelektricitetsværk gav Underskud, blev man som Regel enige om at sætte Priserne op pr. kWT., men Følgen blev, at den i Forvejen for lille Benyttelse af Elektriciteten blev mindre, idet man anskaffede sig mindre Lamper og mange lod Kværnene staa ubenyttede og kørte til Mølle.

Jeg tror nok, man ved sine Beregninger fra først af har haft for god Tro til Landboerne som Elektricitetsforbrugere og undervurderet deres Trang til Sparsommelighed. Men naar det kneb den Gang, hvor meget mere maa det saa ikke knibe nu, da Priserne er 2—3, ja, for de sidst byggede Værkers Vedkommende indtil 4 Gange saa høje som før. Den største Grund hertil er vel nok den høje Strømpris, der opfordrer alt for meget til Sparsommelighed, men de forandrede Driftsmaader i Landbruget, som Krigen har skabt, vejer ogsaa til den gale Side. Jeg tænker her paa Kornsalget og Svineholdets Reduktion. Erfaringen har saaledes lært os, at det næsten er umuligt at skaffe Balance i Kassen ved at forhøje Strømprisen og vi maa derfor se os om efter andre Veje. Disse findes igennem en Omlægning af Betalingsmaaderne.

I et Elektricitetsværks Aarsregnskab findes altid stadt tilbagevendende lige store Udgifter, de saakaldte faste eller indirekte Driftsudgifter, omfattende Renter og Afdrag paa Laan og faste Lønninger, samt en nogenlunde efter Forbrugets Størrelse varierende Udgift til Indkøb eller Produktion af Strøm.

Den første Post er som Regel den største Part af de samlede Udgifter og er ganske uafhængig af, om Forbruget er stort eller lille. Den anden Udgiftspost staar altid i et bestemt Forhold til Forbrugets Størrelse, den bliver stor, naar Forbruget er stort, og lille, naar Forbruget er lille. Det ligger derfor nær at forsøge paa at give Indtægtssiden en lignende Karakter, saaledes at de faste Udgifter dækkes af faste, af Forbruget uafhængige Indtægter, medens de af Forbruget afhængige Udgifter dækkes af en Indtægt, hvis Størrelse varierer med Forbruget, altsaa en Kilowatttimepris. Man opnaar ved en saadan Betalingsmaade, at Anlæggets Rentabilitet praktisk talt bliver upaavirket af selv store Variationer i Forbrugets Størrelse.

Hvor man har indført denne Betalingsmaade, er man gaaet den Vej at paaligne de faste Afgifter for Lysforbruget paa Ejendomsskyld og Lampesteder og for Kraftforbruget paa Tdr. Ld. dyrket Areal, Ejendomsskyld, installerede HK, og enkelte Steder tillige paa Hartkorn.

Der kunde fremføres en Række Eksempler, som taler til Gunst for en saadan Betalingsmaade, men da jeg mener, vi er naaet til en Højde af Kilowatttimeprisen, der absolut nødvendiggør en Overgang til saadanne eller lignende faste Afgifter, og da der alle Steder spores en stigende For-

staaelse heraf, navnlig hos de sidst byggede Anlæg, skal jeg ikke ved denne Lejlighed komme dybere ind paa dette Spørgsmaal.

#### De fremtidige Anlæg.

Hidtil har jeg kun beskæftiget mig med de Anlæg, der er i Drift. I det følgende vil jeg henlede Opmærksomheden paa de Anlæg, der opføres til de nuværende høje Priser. Forbrugerne under disse vil komme til at betale en meget høj Strømpris, saafremt de ikke sørger for at faa den største Del af Krigsfordyrelsen skaffet bort ved at betale et kontant Tilskud, saaledes at Anlægssummen kan komme til at ligge ca. 100 pCt. under den nugældende Dagspris. Gør man ikke dette, vil man komme op paa en Strømpris af ca. 160 Øre for Lys og 80 Øre for Kraft pr. kWT. for at kunne faa Dækning for Aarets Udgifter, i hvert Fald saalænge Produktionsprisen ligger mellem 20 og 30 Øre pr. kWT., og der bliver den vel desværre liggende lang Tid endnu.

At nye Anlæg vil faa en saadan Strømpris, skal jeg forsøge at paavise ved et Eksempel hentet fra det Selskab, jeg i det foregaaende har benyttet.

Dette Anlæg, der som nævnt er bygget i 1916, har kostet 2,5 Mill. Kroner. Saafremt dette Anlæg skulde bygges nu, vilde det koste mindst 100 pCt. mere, altsaa 5 Mill. Kroner.

Et Uddrag af Regnskabets Tabs- og Vindings-Konto for Aaret 1919—20 udviser, at der er medgaaet til:

|                                          |                |
|------------------------------------------|----------------|
| Kontorhold .....                         | Kr. 23 567,00  |
| Vedligeholdelse af Anlægget .....        | - 43 813,00    |
| Afskrivninger m. m. ....                 | - 16 285,00    |
| Indkøb af Elektricitet .....             | - 248 651,00   |
| 7½ pCt. af Anlægskapital (5 Mill. Kr.).. | - 375 000,00   |
| I alt beregnet Udgift..                  | Kr. 707 316,00 |

|                                      |                |
|--------------------------------------|----------------|
| Solgt 259 200 kWT. til Lys à 160 Øre | Kr. 414 720,00 |
| — 341 800 — - Kraft à 80 - -         | 273 440,00     |
| Maalerleje .....                     | - 20 000,00    |
| I alt beregnet Indtægt..             | Kr. 708 160,00 |

Til Støtte for dette Resultat skal jeg fremføre, at Bestyrelsen for et andet Højspændingsanlæg bygget i 1919 og sat i Drift i Begyndelsen af 1920 opkræver følgende Priser:

#### Strømpris:

|                     |                  |
|---------------------|------------------|
| Strøm til Lys ..... | 120 Øre pr. kWT. |
| — - Kraft .....     | 60 — —           |

#### Faste Afgifter:

|                                 |         |
|---------------------------------|---------|
| pr. Lampested .....             | 160 Øre |
| - 1 000 Kr. Ejendomsskyld ..... | 60 —    |
| - Td. Hartkorn .....            | 400 —   |
| - HK. ....                      | 320 —   |

Overføres disse Priser paa Anlægget af 1916 faas følgende Resultat:



|                            |                |           |                |
|----------------------------|----------------|-----------|----------------|
| 259 200 kWT. til Lys       | à 120 Øre      | ....      | Kr. 311 040,00 |
| 341 800                    | — - Kraft à 60 | — . . . . | - 205 080,00   |
| 46 000 Lampesteder         | à 160 Øre      | .....     | - 73 600,00    |
| 50 Mill. Kr. Ejendomsskyld | à 60 Øre       | ..        | - 30 000,00    |
| 4 218 Tdr. Hartkorn        | à 400 Øre      | .....     | - 16 872,00    |
| 8 500 HK. i Motorer        | à 320 Øre      | .....     | - 27 200,00    |
| Maalerleje                 |                | .....     | - 20 000,00    |

I alt Indtægt.. Kr. 683 792,00

Det vil heraf ses, at de Priser Anlægget af 1919 har valgt at opkræve ikke engang kan give Anlægget af 1916 Dækning for Udgifterne.

Naar Anlægget af 1919 straks er gaaet over til at opkræve faste aarlige Afgifter, har dette sikkert sin Grund i, at man ikke har turdet gaa saa højt med Kilowatttimeprisen som til 160 og 80 Øre.

Det fremgaar af de her fremførte Tal, at Beløbet, der indkom ved de faste Afgifter: Kr. 1 676 720,00, ikke engang dækker Halvdelen af Udgifterne til Renter og Afdrag paa Anlægslaanet, saa der kan være god Grund til at gaa endnu højere i Taksterne for de forskellige Poster og til en tilsvarende Nedsættelse af Strømprisen.

Ja, saaledes ligger efter min Opfattelse Forholdene, og det maa indrømmes, at Landsbyernes Elektrificering for Tiden er en kostbar Historie. Men desuagtet er det som før nævnt en Kendsgerning, at Lysten og Trangen til at faa fat i den elektriske Strøm er langt større nu end før, da Anlægsudgifterne var langt mindre.

Som jeg bemærkede i min Indledning, er det saare vanskeligt at faa et Grundlag til Bedømmelse af Rentabiliteten imellem Elektriciteten og anden i Landbruget anvendelig mekanisk Drivkraft. I øvrigt mener jeg heller ikke, at en saadan Sammenligning har den samme Interesse som den Gang, vi stod ved Begyndelsen af disse Anlæg og ganske uden Erfaring om Elektricitetens Brugsverdi. Vi er naaet dertil i Udviklingen, at der praktisk talt ikke spørges mere, om Elektriciteten i det daglige Liv er dyr eller billig. Man har arbejdet med den i saa mange Aar, at man er i Stand til at kunne bedømme dens Værdi paa samme Maade, som man i det praktiske Liv bedømmer saa meget andet. Ud over det rent økonomiske, er der ogsaa mange andre Grunde til at ikke alene Landmændene, men ogsaa og i høj Grad Haandværkere og Industridrivende paa Landet søger at komme i Forbindelse med de elektriske Anlæg.

I første Række maa nævnes de for Tiden vanskelige Arbejdsforhold og høje Lønsatser, der bringer Utryghed ind i al Virksomhed. Det er derfor ikke underligt, at man ser sig om efter enhver Lejlighed til at gøre sig mest muligt uafhængig af disse Forhold. Som et Led i denne Søgen har Elektriciteten sin aller største Berettigelse. Alle mindre og mellemstore Gaarde, der har faaet indlagt Elektricitet, kan udføre alt Tærskearbejde, formale Korn, save Brænde og lign. uden fremmed Hjælp. Det gør ikke saa meget, om der medgaar nogen længere Tid med disse Arbejder, naar de kan udføres af Manden med Hjælp af sin Kone og et Par Børn i 10—14 Aars Alderen. Man kan saa udmærket i Efteraarstiden, mens Hestene hviler sig og fortærer deres Foder, gaa i Laden og tærsk en Times Tid; saa har man paa saadanne Gaarde Halm og Korn nok til Kreaturerne i flere Dage. Paa Gaarde fra 50—100 Tdr. Ld. har man altid noget fast Hjælpemandskab, saaledes at man ikke, naar man har Elektricitet, har nødig

at være afhængig af om fremmed Hjælp kan faas eller ikke. For de Gaardes Vedkommende, der tidligere benyttede lejede Damptærskværker og tit maatte vente til langt hen paa Efteraaret før deres Tur kom og dertil ofte maatte døje med at faa et Par Dage eller tre med godt Vejr til Tærskning, for disse er det en næsten uberegnelig Fordel at benytte Elektricitet. Hvad er der ikke spildt af Korn i daarligt Vejr, da Tærskearbejdet næsten altid blev udført under aaben Himmel, og hvad er der ikke spildt af Tid og Penge, naar et stort ekstra Mandskab i flere Dage maatte gaa og vente paa Tærskvejr, for ikke at tale om de Tab, der er sket ved at Kornstakkene i flere Maaneder har staaet uden for de tomme Lader i lange Regnperioder og ventet paa Dagen, da Tærskningen kunde paabegyndes. Alle disse Tab kan Landmændene tale med om. Men helt bortset herfra, er Forholdene for Tiden saaledes, at det er betydeligt billigere at tærsk ved Elektricitet, selv til de høje Priser, end at tærsk ved Hjælp af lejede Damptærskværker. Der forlanges alene i Leje af disse Værker 1,00 Kr. pr. Td. Korn foruden Tillæg af Brændsel og selvfølgelig foruden ekstra Mandskab. Og naar der nu maa betales ca. 1,50 Kr. i Timeløn + Kosten, kan 1 Td. Korn at tærsk let komme til at staa i ca. 2,00 Kr. Paa Gaarde af den Størrelse, hvor man altid har tilstrækkeligt fast Mandskab til Betjeningen og har eget Damptærskværk, maaske ogsaa selv har Brændsel, kan Udgifterne pr. Td. Korn vel nok blive lidt lavere, men dog næppe naa ned til den Pris, hvortil der kan tærskes ved Elektricitet.

Det er da ogsaa en almindelig Regel, at de større Gaarde ikke er de mindst ivrige efter at komme i Forbindelse med de elektriske Anlæg, saasnart Lejlighed gives.

Foruden den rent økonomiske Side har Elektriciteten ogsaa andre Fordele frem for nogen anden mekanisk Drivkraft. Den er renlig i Brugen enten det gælder dens Anvendelse til Lys eller Kraft og der fordres ingen særlig Uddannelse af dem, der bliver sat til at passe den, hvilket er en stor Fordel, da det altid skorter paa kyndig Hjælp i saa Henseende ude paa Landet. Vi Landmænd har gennemgaaende endnu alt for lidt Forstand paa og Interesse for Maskiner, derfor passer saadan en lille Elektromotor godt til os, den er enkel i Konstruktion og nem at passe.

De Arbejder inden for Landbruget, hvortil vi kan anvende den elektriske Kraft, er endnu alt for faa, men vi staar jo ogsaa lige ved Begyndelsen. Det bliver den tekniske og videnskabelige Verdens Opgave stadig at aabne nye Muligheder for Elektricitetens Anvendelse baade i Landbrug og Industri, saaledes at de Befordringsveje, der nu er og i Fremtiden vil blive anlagte, kan faa en større og større Benyttelse. I samme Grad som dette sker, vil Elektriciteten blive billigere i Brugen og derved komme til at spille den Rolle i Udviklingen, som den ifølge sine særegne og alsidige Egenskaber har Muligheder for.

Skulde jeg til Slut gøre mig til Tolk for den Opfattelse, der almindeligvis gør sig gældende angaaende Elektricitetens Anvendelse særlig i Landbruget, kan jeg ikke gøre dette paa en bedre Maade end ved at understrege, at de Forventninger, der er næret til denne moderne Kraft, hidtil ikke alene har slaaet til, men er bleven langt overtrufne. Landbruget har udviklet sig til at blive en Industri, der i høj Grad maa stile efter at faa det størst mulige Udbytte af Jorden ved Anvendelse af den mindst mulige



Arbejdskraft. Elektriciteten kan hjælpe til at spare Tid, og giver en højere Kvalitet af Arbejdet, baade igennem det bedre Lys og en jævnere og hastigere Gang paa Maskinerne.

Der maa heller ikke ses bort fra, at Elektriciteten i mange Tilfælde har en opdragende Betydning for de Mennesker, der maa omgaas med den. Det er med Lyst og en vis Ærbødighed, de fleste Mennesker gaar til de Arbejder, der udføres ved dens Hjælp. Der kommer uvilkaarligt Fart over Arbejdet, af hvilken Art det end er. Men derfor maa vi ikke glemme, »at man ogsaa kan købe Guld for dyrt«.

Elektricitetsforsyningen ligger ikke i den bedste Plan her i Landet. Dette skal ikke siges til Forklejnelse af de tekniske Kræfter, der har været medvirkende ved Planlægelsen.

Bygningen af de smaa Værker, som nu i høj Grad forringer Rentabiliteten for Højspændingsanlæggene, var en Fejl; men paa den anden Side har de smaa Værker deres Berettigelse i, at de har beredt Jordbunden for de store. Vi maa nu samle os om at hele de Skader, der er sket og søge at finde den bedst mulige Løsning for de fremtidige Anlæg, herunder ogsaa Samarbejde mellem de smaa og de store Værker.

Som Helhed har vi kun Grund til at være tilfredse med, at Elektriciteten er naaet ud til os paa Landet. Vi vil derfor gerne være med til at flette en Blomst ind i Mindekransen for den Mand, der i Aar for 100 Aar siden opdagede Elektromagnetismen og derved lagde Grunden til en stor og rig Udvikling, der bragte Danmarks Navn ud over Landene.



## Danmarks Elektricitetsforsyning.

Af Direktør, cand. polyt. A. R. Angelo.

Naar jeg ved denne Lejlighed skal have den Ære at give nogle Meddelelser om Danmarks Elektricitetsforsyning, da er det i Betragtning af den korte Tid, jeg har til min Raadighed, kun muligt at behandle denne Sag i store Træk, altsaa nærmest som en Art Oversigt uden Detailler af nogen Art. Af Hensyn til de tilstedeværende Deltagere fra vore Nabolande skal jeg begynde med Elektricitets-sagens Udvikling her i Landet, dernæst omtale dens nuværende Standpunkt og sluttelig angive de Retningslinier som fremtidig bør følges.

Her i Landet tog — ligesom i de fleste andre Lande — Elektricitetsforsyningen sin Begyndelse i Slutningen af forrige Aarhundrede ved Anlæg af Jævnstrømsværker først i Hovedstaden og senere i nogle andre af Landets større Byer. I Begyndelsen af indeværende Aarhundrede fik ogsaa de øvrige Byer (Købstæder) deres Elektricitetsværker, ligeledes med Jævnstrøm, og samtidig paabegyndtes Anlægget af tilsvarende Smaaværker i Stationsbyer og større Landsbyer. Imidlertid rejste der sig snart Tvivl om Betydeligheden af disse mange Smaaværker, og i Aaret 1907 anlagdes da det første Vekselstrømsværk, Nordsjællands Elektricitetsværk, til Forsyning af et større Landomraade med Elektricitet ved Hjælp af højspændt Vekselstrøm. Senere kom adskillige andre Værker til af samme Art. Men da disse, Oplandscentraler, som vi benævner dem, i mange Tilfælde kun var af ringe Størrelse og Udstrækning, kunde de ikke udnytte de Fordele i Henseende til billigere Drift, som Oplandscentraler i den Skikkelse, hvori man kendte dem fra Udlandet ellers i Almindelighed kunde regne med, og der blev derfor vedblivende bygget en Mængde Smaaværker rundt om i Landet, hovedsagelig i dettes mest velhavende Egne, hvor man var opsat paa snarest muligt at blive delagtig i Elektricitetens Goder, selv om Maaden, hvorpaa dette skete, mulig var mindre rigtig.

Disse uheldige Forhold havde jeg Lejlighed til at gøre opmærksom paa ved et Foredrag om Elektricitetsproduktionens Centralisation, som jeg havde den Ære at holde i Dansk Ingeniørforening i April 1917. Jeg paaviste ved denne Lejlighed det saavel i teknisk som i økonomisk Henseende uheldige ved Smaaværkernes Drift. Der fandtes paa det daværende Tidspunkt ca. 400 saadanne Værker spredt ud over Landet, og meget tydede — som sagt — paa, at Udviklingen vilde gaa videre i samme Retning, hvis der ikke blev gjort noget derimod. Et Skridt i saa Henseende blev da foretaget af Dansk Ingeniørforening, idet den gav Stødet til Nedsættelse af et Udvalg, hvis Op-gave skulde være at søge at fremme en mere rationel Produktion og Fordeling af Elektriciteten her i Landet. Dette Udvalgs Arbejde blev forholdsvis let, ikke mindst fordi

Manglen paa Materiale til Nyanlæg paa det daværende Tidspunkt bragte en Standsning i al Nybygning af elektriske Anlæg, hvorved der mange Steder blev Tid og Lejlighed til mere indgaaende end tidligere at drøfte Spørgsmaalet om den heldigste Form for Elektricitetsforsyning. Man kom herved til Erkendelse af det rigtige i fremtidig saavidt muligt at centralisere Forsyningen. Dette Resultat viste sig da ogsaa, da Krigen var forbi, og man atter kunde tage fat paa elektriske Anlæg paa Landet, idet det saa godt som udelukkende var Oplandscentralerne, man gik i Gang med, dels ved Forøgelse og Udvidelse af de allerede bestaaende, dels ved Oprettelse af nye i Egne, som hidtil ikke havde haft Elektricitetsforsyning. Om Anlæg af nye Smaaværker var der derimod knapt nok mere Tale.

Elektricitetssagens nuværende Standpunkt her i Landet er herefter følgende:

I København og Frederiksberg sker Elektricitetsforsyningen hovedsagelig ved Hjælp af Jævnstrøm fra kommunale Værker, idet dog Størstedelen af Jævnstrømmen fremstilles ved Omformning fra Vekselstrøm, som leveres fra de store nye Vekselstrømscentraler. De i de senere Aar tilkomne nye Distrikter i Byens Periferi forsynes dog med Vekselstrøm, ligesom der til Forsyning af større Fabriksanlæg m. m. i alt væsentligt benyttes Vekselstrøm.

I Byerne udenfor København og Frederiksberg sker Forsyningen ligeledes i alt væsentligt med Jævnstrøm fra de gamle Centraler, som for en stor Del ogsaa er blevet udvidet med større Maskiner for Vekselstrøm. De fleste af disse Værker er kommunale Foretagender, kun i enkelte mindre Byer findes private Værker.

De paa Landet oprettede ca. 400 Jævnstrømsværker — hvoraf de fleste er Andelsforetagender eller i privat Eje — bestaar i Hovedsagen endnu. Dog har de Forhold, som Krigen og dens Følger har medført, i høj Grad vanskeliggjort Opretholdelsen af disse Værker, hvorfor der viser sig en stadig stigende Tendens til at slutte sig til Oplandscentralerne. Dette sker som Regel ved Overgang til direkte Vekselstrømsforsyning, altsaa ved Nedlægning af Jævnstrømsværkerne, Forandring af Installationerne og Ombytning af Motorerne. Denne Fremgangsmaade er selvsagt den mest bekostelige i Øjeblikket, men dog sikkert i Længden at foretrække fremfor Bibeholdelse af Installationer og Motorer for Jævnstrøm og Omformning af Vekselstrømmen til Jævnstrøm, idet man ved Omformningen ikke bliver den dyre og besværlige Drift af Smaaværkerne kvit. Tilmed er disse ofte anlagt for en Spænding af kun 220 Volt og har derved en saa ringe Aktionsradius, at der ogsaa af denne Grund tiltrænges en radikal



Ændring i de bestaaende Forhold. Kun hvis det skulde lykkes at konstruere et Apparat til Omformning af Vekselsstrøm til Jævnstrøm, ligesaa simpelt, driftssikkert og økonomisk i Henseende til Virkningsgrad som en almindelig Transformator, tror jeg der er Udsigt til Jævnstrømmens Bibeholdelse paa de Steder, hvor den allerede er indført.

Oplandscentralerne, som altsaa hovedsagelig tjener til Forsyning af Befolkningen udenfor selve Købstæderne, strækker sig allerede nu over store Dele af Landet og omfatter ialt et mange Gange større Antal Forbrugere end samtlige smaa Landværker tilsammen. Der er ingen Tvivl om, at denne Forsyningsmaade er den rigtige, og at al fremtidig Forsyning af Landet med Elektricitet vil komme til at foregaa gennem Oplandscentralerne.

Disse har i mange Tilfælde ikke egen Kraftstation, men er kun Forsyningselskaber, som køber Elektriciteten, i Regelen i en nærliggende Købstad, og fordeler og sælger den videre til Forbrugerne. Selskaberne er oftest Andelsselskaber med Forbrugere som Andelshavere. Der findes for Tiden ca. 30 saadanne Selskaber her i Landet. Allerede dette betydelige Tal lader formode, at mange af disse Selskaber har et meget ringe Omraade. I Virkeligheden er dette ogsaa Tilfældet, idet sine Steder hver Købstad har faaet sit Opland at forsyne. Man har altsaa atter her begaaet en lignende Fejl som i sin Tid ved Oprettelsen af Smaaaværkerne, nemlig at stykke Elektricitets-sagens Løsning ud i Smaaopgaver i Stedet for at holde den samlet som en enkelt fælles Opgave, hvortil den i saa høj Grad egner sig.

Ogsaa i Henseende til Størrelsen af Driftsspændingen paa Højspændingssiden er Forholdene desværre ret mangelfulde her i Landet. Almindeligst benyttet er en Spænding af 10 000 Volt, men iøvrigt er saa at sige alle almindelig benyttede Spændinger mellem 3 000 og 15 000 Volt bragt til Anvendelse. Man har beklageligvis fra de Ledendes Side ikke forudset, at de forskellige Oplandscentralers Ledningsnet før eller senere vilde komme til at grænse op til hinanden, og at det da vilde være af Betydning at have samme Spænding for derved let at kunne forbinde dem indbyrdes til gensidig Støtte og Besparelse. Trods Brændselsvanskeligheder og høje Arbejdslønninger er Forholdet derfor det, at saa godt som samtlige Oplandscentraler her i Landet endnu den Dag i Dag arbejder hver for sig, medens adskillige af dem uden Vanskelighed vilde kunne standse i hvert Tilfælde i Halvdelen af Aarets Timer og derved spare betydelige Beløb til Brændsel og Lønninger, hvis et Samarbejde blev bragt i Stand. Kun her paa Sjælland er et saadant Samarbejde etableret mellem Københavns, Frederiksbergs og Nordsjællands samt til Dels ogsaa Sydøstsjællands Elektricitetsværk. Det herved opnaaede Resultat i Henseende til Ydelse af gensidig Støtte og Reserve samt økonomisk Udnyttelse af Brændsel og Personale har været fuldt tilfredsstillende.

I Modsætning til den Uensartethed, som hersker for Højspændingens Vedkommende, skal det her endnu nævnes, at der med Hensyn til Periodetal hersker fuldkommen Ensartethed i hele Landet, idet Periodetallet overalt er 50. Ligeledes har der med Hensyn til Fastsættelsen af Driftsspændingen paa Lavspændingssiden hersket tilsvarende Enighed, idet der overalt udenfor København og

Frederiksberg benyttes en Spænding af  $3 \times 380/220$  Volt. Det er overordentlig vigtigt for hele Landets Elektricitetsforsyning, at man paa dette Punkt straks fra Begyndelsen har været enige om at anvende denne Spænding, idet det herved er blevet muligt paa simpel og billig Maade at levere Landbruget Elektricitet i det Omfang, som almindeligvis kræves til Belysning og Motordrift. Tager man et Danmarkskort, ses det nemlig, at i alle de mest befolkede Dele af Landet ligger Landsbyerne med en indbyrdes Afstand af ca. 3 km og anlægges der Transformatorstationer ved disse, kræves der altsaa til Etablering af en fuldstændig Elektricitetsforsyning ogsaa af saadanne Forbrugere, som ligger spredt mellem Landsbyerne en Aktionsradius ud fra hver Station paa 1,5—2 km. Men en saadan opnaas netop ved 220/380 Volt uden Anvendelse af Ledninger af urimelige Kobberdimensioner. Med Ledninger 25, 16 og 10 mm<sup>2</sup> kan i Regelen en fuldstændig Elektricitetsforsyning iværksættes.

At Spændingen 220/380 Volt er heldig valgt for danske Forhold, ses ogsaa deraf, at en Sammenligning i økonomisk Henseende mellem denne Spænding og de f. Eks. i Sverrig en Del anvendte forskellige Spændinger for Lys og Kraft, henholdsvis 110 og 1 500 Volt, falder ud til de 220/380 Volts Fordel.

Af hvad der i det foregaaende er sagt om Elektricitetsforsyningen i Danmark, vil det ses, at der endnu langt fra er skaffet Samling om denne Sag, endsige Enighed om dens Løsning, saaledes som Tilfældet i Hovedsagen er i vore Nabolande.

Denne Forskel mellem Danmark og Nabolandene finder utvivlsomt sin Forklaring i Naturforholdene, idet Udnyttelsen af de store Vandkræfter, som Sverrig og Norge er saa rige paa, saa at sige har tvunget til Fællesskab om Elektricitetsproduktion i stor Stil i disse Lande, medens tilsvarende Forhold ikke findes her.

Ganske vist er vi — som før nævnt — kommet bort fra Smaaaværkerne paa Landet og har centraliseret Landbrugets Forsyning i Oplandscentralerne, men om nogen virkelig stedfunden Centralisering af selve Produktionen kan der endnu ikke tales.

Imidlertid er en saadan Centralisering ogsaa her i Landet en Nødvendighed, saavel af økonomiske som af driftsmæssige Hensyn. Med de Priser paa Brændsel, som vi nu er kommet op paa, gælder det nu mere end nogensinde om at faa den størst mulige Nyttevirkning ud af Brændslet. Men dette sker kun ved dettes Udnyttelse i nogle faa store, økonomisk arbejdende Centraler og ikke som nu i en Række Smaaaværker, der tilmed den største Del af Tiden arbejder med daarlig Belastning. Og hvad der gælder Brændslet, gælder ogsaa Arbejdslønninger og mange andre Udgifter, som forholdsvis er langt større ved de mindre Værker end ved de store.

De til en saadan Centralisering af Elektricitetsproduktionen her i Landet nødvendige Elektricitetsværker, som kan udnytte Brændslet paa økonomisk Maade, er allerede delvis til Stede og vil i hvert Tilfælde forholdsvis let kunne suppleres i fornøden Grad. Ligeledes findes der saa at sige overalt hos de Ledende den rigtige Forstaaelse af Centraliseringens Betydning. Og naar Sagen ikke desto mindre ikke er kommet videre endnu, da hidrører det navnlig fra, at de mellem de forskellige Elektricitetsvær-



ker nødvendige Hovedforbindelsesled i Form af Ledningsanlæg med tilstrækkelig høj Spænding til Transport af større Energimængder over større Afstande endnu mangler og vanskeligt lader sig etablere, fordi den økonomiske Byrde, som de medfører, ofte kommer til at veje for tungt i de første Aar paa den Part, der paatager sig saadanne Anlæg, inden en større Udnyttelse kan finde Sted.

Det maa i denne Forbindelse erindres, at de Institutioner, som skal bekoste disse Anlæg, alle har privat Karakter, saasom Andelsselskaber, Interessentselskaber eller Aktieselskaber, og saaledes saa at sige straks skal have indkomstmæssig Dækning for de forøgede Udgifter til Rente og Afdrag af de Kapitaler, som de binder i deres Anlæg. Staten har som bekendt her i Landet intet med Produktionen eller Fordelingen af Elektriciteten at gøre, og det vilde heller næppe være nogen Fordel, om den fik det, men det er muligt, at den ved Tilvejebringelsen af saadanne Hovedforbindelsesledninger mellem Værkerne, som der her er Tale om, kunde yde de Private en baade for disse og — naar henses til Valutaen — for sig selv værdifuld Støtte uden nævneværdig Risiko eller Udgift. Iøvrigt skal bemærkes, at Bekostningen ved Tilvejebringelsen af disse Hovedledningsanlæg i mange Tilfælde vil kunne betragtes som en Del af Anlægsudgifterne til selve de Elektricitetsværker, de forbinder, idet disse herved mere eller mindre kan spare Udgifterne til Anskaffelse af saadanne Reservemaskiner, som de ellers hver for sig maatte have.

De første Skridt til en virkelig omfattende Centralisering paa Elektricitetsproduktionens Omraade er dog allerede foretaget og bragt til Udførelse alene af en privat Institution. Jeg sigter her til Gudenaanlægget i Jylland. Det har her ligesom i vore Nabolande været Vandkraftens Udnyttelse, som har tvunget til Sammenslutning om Opgavens Løsning, idet 4 Købstæder, hvoriblandt Aarhus, og 4 Andelsselskaber, Oplandscentraler, har sluttet sig sammen om en Centralisering af Elektricitetsproduktionen i Midtjylland med Gudenaaværket som Midtpunkt og iøvrigt med bestaaende Varmekraftværker som Supplement. Der er fra Vandkraftværket ved Tange ført Hovedledninger med 50 000 Volts Spænding ud i 2 forskellige Retninger til 2 Hovedtransformatorstationer i 40—50 km Afstand fra Værket nemlig ved Aarhus og Skive. Det er sandsynligt, at disse Ledninger med Tiden suppleres med Ledninger til andre Kraftkilder og saaledes kommer til at danne Grundlaget for Opbygning af et 50 000 Volts Hovedledningssystem for Elektricitetsproduktionens Centralisering i Jylland.

Et Hovedledningsanlæg af lignende Art er udført her i Nordsjælland i Forbindelse med Kablet under Øresund og vil mulig komme til at tjene som Udgangspunkt for en lignende Centralisering af Elektricitetsproduktionen her paa Sjælland.

Som Resumé af hvad der i det foregaaende er sagt, vil der altsaa til en fuldkommen Elektricitetsforsyning af Danmark paa rette Maade kræves følgende Hovedanlæg:

- 1) Elektricitetsproducerende Værker.
- 2) Primære Hovedledningsanlæg, hvis Spænding bør være 50 000 Volt, da denne Spænding er benyttet ved

de Hovedanlæg, som allerede er udført saavel i Jylland som paa Sjælland.

- 3) Primære Fordelingsanlæg, hvis Spænding ved alle Ny-anlæg bør være 10 000 Volt, da denne Spænding har fundet langt overvejende Anvendelse her i Landet.
- 4) Sekundære Fordelingsanlæg, til hvilke der som hidtil bør benyttes  $3 \times 220/380$  Volt.

Hvor hurtigt og i hvilken Rækkefølge de forskellige Dele af et saadant komplet System vil komme til Udførelse, kan ikke siges, men det vilde være ønskeligt, om man fra de Ledendes Side vilde holde sig et saadant System for Øje for stadig at træffe sine Dispositioner derefter.

Om Punkt 1, de elektricitetsproducerende Værker, skal jeg endnu gøre nogle Bemærkninger:

Jeg har gjort opmærksom paa, hvorledes en virkelig Centralisering af Elektricitetsproduktionen i nogle faa gunstigt arbejdende Værker vilde gøre det muligt at udnytte Brændselmaterialerne paa den mest økonomiske Maade. Jeg skal nu kort omtale, hvorledes en Centralisering ogsaa er nødvendig, hvis man paa økonomisk Maade skal udnytte de andre Produktionsmidler, Vind og Vand, som i større eller mindre Grad kan ventes at blive til Raadighed for Elektricitetsproduktionen.

Hvad Vindkraften angaar, skal jeg blot bemærke, at hvis det gennem de Bestræbelser, som udfoldes til Vindkraftens Udnyttelse, lykkes at faa en ved Vindkraft drevet 3-faset Vekselstrømsgenerator til let og sikkert at arbejde parallelt med andre Kraftmaskiner, saa vil en Betingelse for, at den producerede Strøm direkte kan udnyttes — altsaa uden Akkumulering — være den, at der til Stadighed forefindes eller kan skaffes et Forbrug af en saadan Størrelse, at den af Vindkraften frembragte Elektricitet kan finde Anvendelse til hel eller delvis Dækning af dette Forbrug. Men et saadant Forbrug kan fortrinsvis ventes at fremkomme indenfor et enkelt alt omfattende Forsyningsomraade, altsaa et saadant, som en fuldkommen Centralisering vil føre med sig.

Af Vandkraft findes der her i Landet kun meget begrænsede Mængder, ialt næppe over 50 Mill. kWh. aarlig. Yderligere Vandkraftelektricitet kan kun skaffes ved Import fra Udlandet. En saadan Import er som bekendt allerede etableret fra Sverrig til Nordsjælland, men kun i meget begrænset Omfang og saaledes uden almindelig Betydning for Landet. Men vi har jo netop i disse Dage hørt, hvilke enorme Vandkræfter vore Nabofolk raader over, og hvoraf de uden selv at komme til at mangle noget formentlig kan afse alt, hvad vi behøver her i Landet. Det er da at haabe, at de Forhandlinger, som maatte blive indledet om disse Spørgsmaal, vil føre til et gunstigt Resultat, og at de tekniske og økonomiske Spørgsmaal, som knytter sig til Sagens Realisation, kan finde en tilfredsstillende Løsning. I saa Tilfælde vil en fuldkommen Centralisering af Elektricitetsproduktionen eller, som det i dette Tilfælde, hvor Produktionen foregaar udenfor Landet maaske ogsaa kunde udtrykkes, en fuldkommen Centralisering af Forbruget under eet Forsyningsomraade være paakrævet.

Ved hvilke Midler Danmarks fremtidige Elektricitetsforsyning end skal foregaa, ses det altsaa, at de paabe-



gyndte Centraliseringsarbejder bør fremmes det mest mulige og paa systematisk Maade.

I Anledning af de Udtalelser, som vi i disse Dage har hørt vedrørende vore Nabolandes fremtidige Behov af Elektricitet, hvilket for Norges Vedkommende blev anslaaet til i Løbet af 50 Aar at ville andrage en Effekt paa ca. 2 Mill. kW., skal jeg til Slut endnu gøre et Par Bemærkninger om de tilsvarende Forhold her i Danmrk.

Jeg har ved en tidligere Lejlighed haft Anledning til at foretage nogle Beregninger angaaende denne Sag og kom den Gang til det Resultat, at Danmarks totale Elektricitetsforbrug, naar al Belysning og Motordrift er overgaaet til at blive elektrisk, vilde andrage ca. 400 Mill. kWh. aarlig. Kommer hertil de generhvervede sønderjydske Lands-

deles Behov samt yderligere elektrisk Drift af Jærnbanerne, vil det aarlige Forbrug formentlig stige til ca. 600 Mill. kWh., og gives der yderligere et Tillæg af 50 pCt. for de næste 50 Aar, naar vi altsaa i 1970 til et samlet aarligt Forbrug af ca. 900 Mill. kWh. Og da Benyttelsestiden antagelig kan regnes til ca. 3 000 Timer bliver den fornødne Effekt altsaa ca. 300 000 kW.

Disse 300 000 kW. danner utvivlsomt en højere Grænse for vort Lands hele Behov af elektrisk Effekt i Størstedelen af indeværende Aarhundrede, idet der næppe her som f. Eks. i Norge kan blive Tale om hverken elektrisk Opvarmning eller elektrokemisk Industri af nævneværdig Størrelse — dertil vil selv Vandkraftelektricitet importeret fra et af Nabolandene utvivlsomt blive for dyr.



## Landsbygdselektrifieringen i Sverige.

Av kommerserådet Axel F. Enström.

En karaktäristisk egenskap hos den elektriska energiformen är den lätthet, varmed den låter sig transportera och fördela och framförallt den lätthet, med vilken densamma kan appliceras till de mest olika arbetsuppgifter från alstrande av ljus och värme till uträttande av mekaniskt och kemiskt arbete av det mest mångskiftande slag. En följd härav har blivit att elektriciteten under de senaste årtiondena kommit att över hela världen genomtränga all mänsklig verksamhet, erövrande först de större samhällena, städerna, sedan storindustrien och den mindre industrien samt slutligen jordbruket, gårdarna och hemmen. I alldeles särskild grad har denna utveckling haft betydelse för vattenkraftrika länder såsom Sverige, Norge, Finland och Schweiz, men även i de länder, som äro hänvisade till bränsle, har en allmän elektrifiering fått allt större betydelse såsom ett medel att spara på bränslet i och med den ekonomisering, som ligger i en central energiproduktion i stora enheter. I exempelvis Tyskland, Holland, England och U. S. A. bedrivs sålunda elektrifieringssträvandena med all kraft, trots tidslägets svårigheter. Så småningom torde alla kultiverade länder komma att överspinnas med elektriska ledningsnät med allt tätare maskor, en utvecklingsprocess som sålunda måste komma att spela en betydande roll i samhällslivet, icke minst ur ekonomisk synpunkt, under den närmaste framtiden.

Med hänsyn härtill har det synts lämpligt att vid ett tillfälle som detta, då representanter för de nordiska ländernas elektrotekniska fackkretsar kommit tillsammans, upptaga till behandling de frågor som sammanhånga med det finmaskiga nätets uppkomst och vidare utveckling. Några sensationella nyheter kunna givetvis icke avvinnas ämnet, men vi kunna påtagligen var i sin stad ha något att lära av varandra.

Med denna utgångspunkt skall jag således tillåta mig att skissera några huvuddrag av elektrifieringsarbetets utveckling i Sverige ur teknisk, finansiell och organisatorisk synpunkt. Beträffande förhållandena i våra grannländer ha vi ju redan genom föredrag av hrr Nissen och Angelo fått mycket innehållsrika öfversikter. En del olikheter i utvecklingen i de olika länderna synas mig emellertid kunna gifva anledning till ytterligare belysning genom en diskussion, som jag hoppas må följa.

Det svenska jordbruket lever under vitt skilda villkor och förhållanden i olika delar av det långsträckt landet. I södra delen bilda de viktigaste jordbruksdistrikten som regel sammanhängande homogena områden av betydande utsträckning. I mellersta delen av landet splittras jordbruksbygden i regel av insprängda bergkullar och skogsdungar. I norra delen av landet åter dominera bergs- och skogsbygd, och med få undantag är jordbruket här kon-

centrerat till de långsmala älvdalarna. I södra Sverige är spannmålsodling en framträdande jordbruksgren liksom i Danmark, i Norrland åter är spannmålsodlingen obetydlig liksom fallet är i Norge.

Det är givet att under sådana förhållanden de ekonomiska förutsättningarna för en elektrifiering äro starkt varierande och det är också lätt att förstå att vissa svårigheter uppstått ifråga om att vinna enhetlighet i tekniskt avseende.

Före kriget gick det rätt trögt med landsbygdens elektrifiering i Sverige. Trots en vältalig propaganda av entusiastiska föregångsmän, hade de breda lagren svårt att förstå fördelarna av tillgången på elektrisk kraft. Det var först krigets återverkningar, främst bristen på lysoljor, som satte verklig fart i elektrifieringsarbetet, och sedermera har den tilltagande knappheten på mänsklig arbetskraft hållit intresset vid liv, så att allt fortfarande, trots i synnerhet finansiella svårigheter, en livlig utveckling pågår. För närvarande torde landsbygdselektrifieringen i Sverige omfatta c:a 1 200 000 ha eller ungefär  $\frac{1}{3}$  av landets hela odlade areal, kanske något mera. Det allra mesta har tillkommit efter 1916.

Till denna siffra, som i och för sig är rätt osäker, måste fogas den reservationen, att en stor del av dessa ledningsnät icke på långt när motsvara fordringarna på en fullständig elektrifiering. Som nämnt var det under kriget belysningsbehovet som närmast framkallade elektrifieringen, och ledningsnäten hava därför blivit dimensionerade utan tillräcklig hänsyn till motorkraftbehovet, vilket likvisst bildar eller bör bilda tyngdpunkten i en rationell elektrifiering. Bristen på ledningsmaterial gjorde sig också kraftigt gällande under kriget. Massor av järn- och zinkledning kommo till användning. De senare, som visat sig vara av rätt så farlig beskaffenhet, torde i stor utsträckning numera vara ersatta med kopparmateriel. Eldsolyckor på grund av den dåliga materielen torde dock på det hela taget hava varit färre än vad man hade vågat hoppas. Till det mindre goda tekniska resultatet bidrog även den omständigheten att under rörelsens forcering under krigstiden en mängd inkompetent folk kastade sig på ledningsbyggnad och installatörsverksamhet. Numera har man försökt att genom en lagstiftning om viss kompetens för installatörer stävja detta farliga ofog. (I avseende på installatörskompetens och montörsutbildning är det oss väl bekant att man i Danmark redan tidigt vidtagit välbetänkta åtgärder, och — så vitt en utomstående kan bedöma — ordnat sig på ett rationellt sätt). Särskilda detaljerade säkerhetsföreskrifter för lantgårdsinstallationer hava i Sverige utfärdats av statens inspektionsorgan, kompletterande de allmänna föreskrifterna.

Rörande den elektriska energiens användning inom



lantbruket är ingenting egentligen märkligt eller nytt att anföra. Kraften användes tills vidare endast för inomgårdbruket. Det viktigaste arbetet, åtminstone i de spannmålsproducerande bygderna är givetvis tröskningen. Dessutom finnas en hel del smärre kraftbehov vilka i allt större utsträckning ställas på elektrisk drift såsom vattenpumpar, vedsågar, mjölkkningsmaskiner, mejerimaskiner, kvarnar och krossar. I vissa bränslefattiga bygder har elektrisk kokning fått en viss utsträckning, ehuru väl icke på långt när i den utsträckning som t. ex. i Schweiz.

Jordens bearbetning med maskinkraft är ett problem, som över hela världen blir allt mera aktuellt. Den svenska bygden är mångenstädes av sådan beskaffenhet att den med svårighet tillåter användande av maskinredskap för plöjning m. m., men i den mån så kan ske, har i Sverige liksom annorstädes oljedrivna plogar och traktorer kommit till användning, på senaste tiden i allt större utsträckning. I den mån världens oljetillgångar hota att uttömmas, blir det emellertid allt nödvändigare att söka även på detta arbetsområde applicera den elektriska kraften. I Sverige har man ägnat mycket arbete häråt, utan att dock tills dato hava slutgiltigt löst problemet. Ett lovande uppslag är den av *Hj. Cassel* konstruerade elektriska traktorn, utmärkt av en friluftstilledning med automatisk uppspänning, med vilken lyckade försök hava blivit gjorda. Den äldre plöjningsmetoden med plogens släpande över fältet medelst linor synes icke vara i stand att visa några vidare utvecklingsmöjligheter. Givetvis skulle lösningen av detta problem särskilt för de vattenkraftrika länderna hava en ofantlig betydelse.

Ett annat arbetsfält för den elektriska kraften i jordbrukets tjänst, på vilket man ställt stora förhoppningar, är konstlad bevattning av fälten. Några utslagsgivande resultat äro dock icke att anteckna tills vidare.

Rörande de i Sverige använda elektrifieringssystemen ur teknisk synpunkt må några huvuddrag anföras. I södra och mellersta Sverige har landsbygdens elektrifiering vuxit ut huvudsakligen kring de stora kraftverkskomplexen, i främsta rummet statens, Trollhättan och Älvkarleby, jämte de två stora i södra Sverige arbetande, numera sammanslagna företagen, Sydsvenska kraft a. b. och Hemsjö kraft a. b. I norra Sverige hava de naturliga förhållandena fört till mera begränsat lokala distributionsanläggningar, anknutna till smärre, ofta helt små kraftstationer.

Att under dessa omständigheter en mångfald system och spänningar vunnit insteg är lätt förklarligt. Emellertid tenderar utvecklingen synbarligen mot en standardisering, huvudsakligen efter tvänne linier. I södra och mellersta Sverige avgränsas som regel landsbygdsnäten från de mycket högsända landsledningarna (40 000—70 000 volt) genom huvudtransformatorstationer, där omvandling till den för bygdenäten använda spänningen, i regel 20 000 volt, sker. Från bygdenäten tillföres energien till ortsnäten och förbrukarna i regel genom nedtransformering i två steg, först till 3 000 eller 1 500 volt, slutligen härifrån till 220 volt (huvudspänning). Gent emot detta trespänningssystem har särskilt i norra Sverige utvecklats ett tvåspänningssystem, med som regel 10 000 volt på bygdeledningarna och direkt nedtransformering till förbrukningsspänningen, 220 volt. En mängd varianter förekomma givetvis; de viktigaste torde vara trespänningssy-

stem med 500 volt som mellanspänning och tvåspänningssystem med 380 volt som förbrukningsspänning. Kring det sistnämnda har stått och står alltjämt strid mellan fackmännen. Användandet av 380 volt innebär givetvis som regel en besparing i kostnader, gent emot 220 volt, i genomsnitt kanske c:a 10 %, under krigsårens materialsvårigheter kanske mera. Å andra sidan utgör systemets kända större livsfarlighet en olägenhet, som icke kunnat helt och hållet kompenseras genom tekniska förbättringar i detaljerna.

Den mångfald av olika system och spänningar, som sålunda finnes, innebär givetvis åtskilliga olägenheter. På alla områden arbetas ju numera på åstadkommande av standardisering för att förbilliga produktionen. Standardisering i spänningar och system för landsbygden skulle betyda billigare transformatorer, maskiner och apparater samt underlätta utbyten av material de olika näten emellan t. ex. vid växande anslutning. För ernående i möjligaste mån av enhetlighet och planmässighet i elektrifieringsarbetet har i Sverige tillsatts en K. Komité, den s. k. elektrifieringskommittén, vilken sedan ett par år tillbaka är sysselsatt med utredningar rörande lämpligaste sättet för de olika landsdelarnas elektrifiering. Föreståndaren för kommitténs tekniska byrå, ingenjör *N. Ekvall*, har bl. a. underkastat det nämnda 380-volt-spörsmålet ingående granskning och beräkning. Han kommer till det resultat att 380 volt i många fall innebär väsentliga ekonomiska fördelar och att det i sådana fall icke bör förhindras att komma till användning, trots att därigenom enhetligheten icke befordras. Givetvis vore det av intresse att få höra vilken uppfattning man i denna fråga kommit till i våra grannländer.

Att vid detta tillfälle gå närmare in på tekniska detaljer, konstruktionsspörsmål o. dyl. torde knappast vara lämpligt. Jag vill endast påpeka att här ett vidsträckt område ännu ligger öppet för herrar elektrotekniker, när det gäller att på lämpligt sätt applicera den elektriska kraften i jordbruket och i hemmen. I det avseendet hava schweizarna under krigets tryck uträttat ganska mycket, varav en del värdefulla resultat kom till synes på en specialutställning i Luzern i våras. En svensk föregångsman i fråga om landsbygdens elektrifiering, chefen för Hemsjöbolaget, dr. *Ekström*, anser på grund av sina erfarenheter, att om gårdarna ordnas på ett fullt rationellt sätt för den elektriska driften, energiförbrukningen kan komma upp till det tredubbla och mera mot vad som nu är fallet.

Som det nu är ställt, är landsbygden en besvärlig kund för elektricitetsverken, och den ekonomiska sidan av landsbygdselektrifieringen allt annat än enkel. Landsbygden konsumerar nämligen en i genomsnitt obetydlig energimängd, men kräver på grund av den korta utnyttningstiden en hög maximieffekt. Till följd härav måste enhetspriset på den inköpta kraften bli högt, och ledningsnäten bli förhållandevis dyrbara.

För närvarande torde den svenska landsbygden icke konsumera mer än 30 å 40 mill. kwh och vid en fullständig elektrifiering på sin höjd 200 å 300 mill. kwh. I förhållande till hela landets förbrukning, som torde ligga omkring 2 500 mill. kwh (2 300 år 1917) och ännu mer i förhållande till den totalt tillgängliga vattenenergien, som enligt senaste uppskattningen torde



röra sig om 30 000 à 40 000 mill. kwh, är jordbrukets energibehov efter nuvarande förhållanden ytterst obetydlig. Och dock klagas man på många håll bittert över brist på kraft. Detta sammanhänger med behovet under korta perioder av en relativt stor effekt, särskilt under tröskningen, och för att tillfredsställa detta behov erfordras en under nuvarande förhållanden synnerligen dyrbar ökning i kapacitet både i kraftverk, transformatorer och ledningar. En ur ekonomisk synpunkt mycket viktig förutsättning för landsbygdselektrifieringens framtid är därför att man å ena sidan söker så allsidigt som möjligt utnyttja kraften för olika ändamål och å andra sidan strävar till att hålla ned den maximala belastningen, så osympatiska än restriktionsbestämmelser i detta senare avseende kunde förefalla. I Skåne har man flerstädes nödgats under tröskningen ransonera kraften, d. v. s. indela orten i trösklag, vilka på vissa tider fått använda kraften.

Landsbygdens elektrifiering är som sagt en dyrbar och kapitalslukande affär. Till dato torde i Sverige vara nedlagda bortåt 200 mill. kr. i denna elektrifiering och mer än dubbla denna summa lär väl komma att erfordras för elektrifieringens fulla genomförande. Under krigsårens relativa penningöverskott mötte det inga vidare svårigheter att uppbringa de nödiga medlen, men med den senaste tidens utpräglade knapphet på kapitalmarknaden hava svårigheter uppstått. Järnvägarnas elektrifiering, som ävenledes står på dagordningen, kräver å sin sida åtskilliga hundra millioner kronor. Mest kännbart hava dessa svårigheter drabbat byggandet av större kraftverk, på samma gång som tillståndet på byggnadsarbetsmarknaden här allvarligt spelat in. Här torde förklaringen ligga till att en relativt stor mängd små kraftstationer kunnat komma till stånd, även inom de stora distributionsnätens områden, ehuru väl de på grund av otillräcklig vattentillgång och hög specifik utbyggnadskostnad i många fall kanske knappast haft något egentligt berättigande. Men det har varit lättare att uppbringa det mindre kapitalbeloppet, och arbetskraften har kunnat fås lokalt i orten, kanske i stor utsträckning tillsläppt av de intresserade själva. Däremot äro utsikterna för uppförande av större kraftverk f. n. synnerligen mörka.

En mycket dryg post i elektrifieringskostnaderna utgöres av de ortliga distributionsnäten, som skola ombesörja energiens fördelning till de olika konsumenterna från kraftkällan eller huvudmatningspunkten. Dessa nät, som f. n. torde draga en kostnad av i runt tal 100 kr. per ansluten hektar räknat, bekostas i regel av abonnenterna kollektivt, på så sätt att de tillsammans bilda en distributionsförening, som bygger och driver det gemensamma nätet. (I vissa fall såsom vid Hemsjöbolaget förskottar föreningen endast medlen för nätet, under det att bolaget blir ägare av detsamma och ombesörjer fördelningen in till abonnentens vägg).

Distributionsföreningarnas medlemmar bidraga själva

till nätets utförande genom en del naturaprestationer i fråga om stolpar o. dyl., men göra i övrigt sin insats vanligen i form av ett andelsbevis, sällan till någon större grad i kontanter. Andelsbevisen belånas sedermera antingen i banker, speciellt sparbankerna, eller i statens pensionsverk. Ofta ikläda sig kommunerna borgen för dessa föreningslån. Staten har vidare upprättat en särskild lånefond för ändamålet, vilken f. n. uppgår till 7,5 mill. kr. Till elektrifieringens främjande har staten jämväl upplagt en lånefond, f. n. uppgående till 4 mill. kronor, avsedd att komma vattenkraftsbyggandet till hjälp. Så välgörande dessa fonder än kunna verka genom den relativt billiga ränta statslånen draga, äro de emellertid till sitt absoluta belopp alltför små för att betyda något avsevärt för kapitalanskaffningsfrågan i stort sett.\*)

Återstår huvudsakligen att nämna några ord ytterligare om vidtagna organisatoriska åtgärder. I många fall hava de nämnda distributionsföreningarna sammanslutit sig länsvis till länsföreningar, avseende att befrämja verksamheten genom att verka för enhetlighet inom området, skaffa medlemmarna sakkunnig hjälp, föreslå enhetlig bokföring och statistik, underlätta utbyte av material m. m. En riksförening med samma syfte har likaledes bildats. Staten har sökt bidraga till elektrifieringens utveckling i rätt riktning dels genom inrättande av nämnda elektrifieringskommitté såsom centralorgan, dels genom anslag till de olika länens styrelser, varigenom dessa satts i stånd att exempelvis tillsammans med länsföreningen anställa en sakkunnig länskonsulent, vilken skall dels tillhandagå föreningarna och deras medlemmar med råd, dels utgöra förbindelselänken med kommittéen. En statskonsulent finnes anställd i K. Lantbruksstyrelsen. Vad elektrifieringskommittén beträffar, är att märka att densamma icke är utrustad med någon bestämmande befogenhet, utan verkar endast såsom vägledande och rådgivande, på samma gång den fullgör uppdraget att utreda elektrifieringsspörsmålet för landet i dess helhet. I dess uppgift ingår även att med ledning av den blivande utredningen föreslå eventuellt behövliga ytterligare åtgärder för landsbygdselektrifieringens utvecklande sålunda eventuellt statsunderstöd åt sådana orter, vilka f. n. äro ekonomiskt allt för svaga för att kunna själva lösa sin elektrifieringsfråga.

Jag torde härmed hava givit, om och i starkt hopträngd form, ett tvärsnitt av landsbygdselektrifieringens läge i Sverige. Vi veta att samma rörelse gjort stora framsteg under de sista åren såväl i Danmark som Finland och Norge, något som vi för Danmarks vidkommande förut idag fått bekräftat. Det skulle emellertid givetvis vara av intresse få höra något ytterligare huru de olika problemen sett sig och te sig i dessa våra grannländer.

\*) Anm. De nämnda båda fonderna hava under 1921 blivit ökade till resp. 11 och 6 mill. kr.



## Telefoncentralers Automatisering.

Af Afdelingsingeniør P. V. Christensen.

### § 1.

#### Kortfattet historisk Oversigt.

Allerede 3 Aar efter, at Telefonen var opfundet, alt-saa i 1879, anmeldte *Mc. Tighe* og *Conolly* i Amerika det første Patent paa en automatisk Centralstation med en Slags Vælgerskive hos Abonnenten og impulsdrevne Vælgere (Fig. 1). I 1881 anmeldte de samme Mænd Patent paa et System, hvori den første Spire til det halvautoma-tiske System findes, og i 1883 anmeldte *Conolly* et Sys-tem med motordrevne Vælgere (Fig. 2).

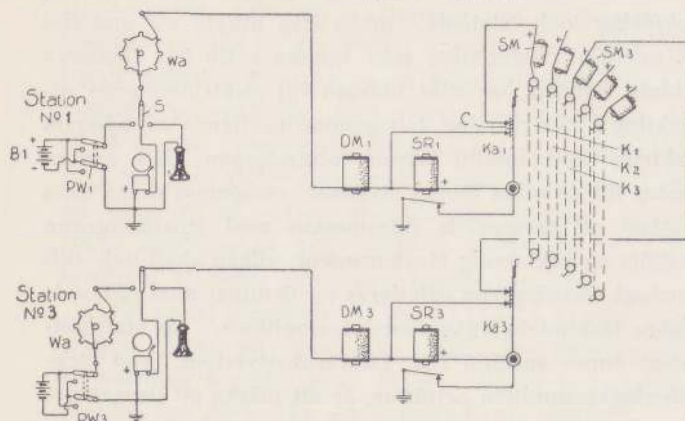


Fig. 1. Conolly og Mc Tighe 1879.

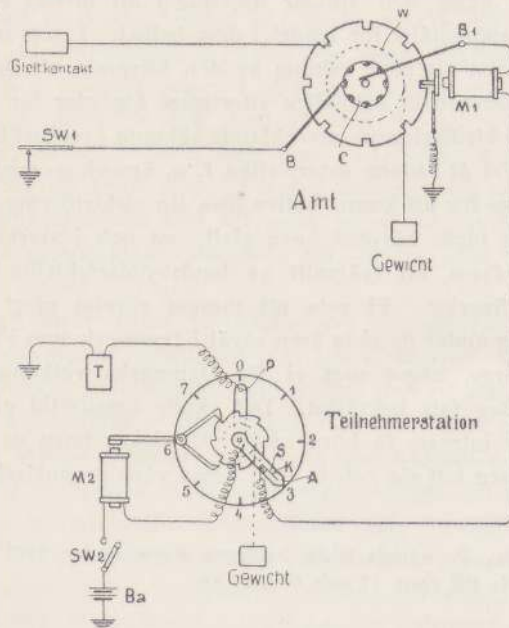


Fig. 2. T. A. Conolly 1883.

I 1891 begyndte de to *Strowgers* (Onkel og Nevø) deres Arbejder, som resulterede i det System, der — andre Systemer ufortalt — efter 20 à 25 Trængselsaar ind-tager den førende Stilling; for Tiden er henved 2 Millio-ner Abonnentledninger indrettet efter dette System. Ho-

vedprinciperne i *Strowgers* systemets »step by step« Væl-gere er i Virkeligheden Basis for den ene Hovedgruppe af automatiske Systemer, hvor Vælgerne bevæges af Im-pulserne fra Vælgerskiven.

Omtrent samtidig begyndte de 3 Brødre *Lorimer* Ar-bejdet med et motordrevet System, hvorefter i Begyndel-sen af dette Aarhundrede flere Stationer i Kanada blev sat i Drift. *Lorimers* systemets Hovedbetydning ligger dog i, at det danner Grundlag for den anden Hovedgruppe af automatiske Systemer, hvor Strømstødene fra Vælgerski-ven ikke bevæger Vælgeren men kun optælles og benyt-tes til at standse denne, der bevæges ved Maskinkraft, i rette Stilling.

Omkring 1910 toges den første semiautomatiske Cen-tral i Ashtabula i Brug; den er efter *Clement's* Anvisning bygget af North Electric Company. Vælgerskiverne hos Abonnementerne er erstattet med Borde, hvor Telefonistinder besørger Indstillingen ved Tastatur; Systemet ligner i teknisk Henseende *Strowgers* systemet.

En stor Indsats har Western Electric Company gjort ved Konstruktionen af 2 maskindrevne Systemer. Det ene System har roterende Vælgere og er indført — eller under Montage — i flere europæiske Byer, hvoraf i Skan-dinavien Kristiania, Bergen, Landskrona og for en Del København. Det andet System »panel switch« har store Vælgere med retliniet Bevægelse; dette agtes indført i New York m. fl. store Byer.

Her i Europa har *Strowgers* systemet navnlig faaet Ind-pas i Tyskland, hvor Siemens & Halske har taget Sa-gen op.

Endnu maa nævnes, at der i Sverrig er ikke mindre end 4 Systemer under Udarbejdelse. *Hultman's* og det beslægtede *Ericsson's* System er begge maskindrevne, me-dens *Olsson's* System er en Kombination af smaa Væl-gere og Relais. *Betulander's* System indeholder kun Re-lais og danner saaledes en 3die Hovedgruppe af de au-tomatiske Systemer.

### § 2.

#### Hel- og Halvautomatiske Systemer.

I alle helautomatiske Systemer anbringes en saakal-det Vælgerskive eller Fingerskive paa hvert Abonent-apparat. Fig. 3 viser en Vælgerskive af amerikansk Kon-struktion. Skal man kalde Nr. 6728, indsættes Fingeren ved 6, og Skiven drejes højre om, indtil Fingeren støder paa Anslaget forned; Fingeren tages nu ud, hvorefter Skiven drejer sig ved Fjederkraft tilbage og afbryder et vist Antal Gange Kredsløbet gennem Mikrofonen; det samme sker derefter successivt med Cifrene 7, 2 og 8. Ved Hjælp af Relais paa Centralen omdannes disse Se-



rier af Afbrydelser til Impulsserier, der bevæger Vælgerne eller styrer deres Bevægelse. Indstilling af et seks-cifret Nummer tager ca. 9 Sekunder.

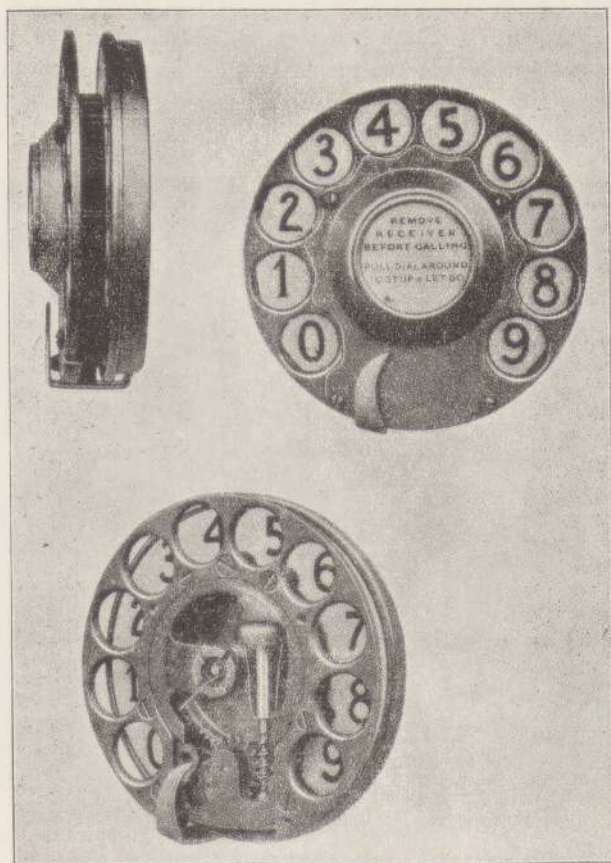


Fig. 3. Vælgerskive (Western Electric Co.) ca.  $2\frac{1}{8}$  sand Størrelse.

Fig. 4 viser de amerikanske Vælgerskiver, anbragte paa københavnske Apparater.

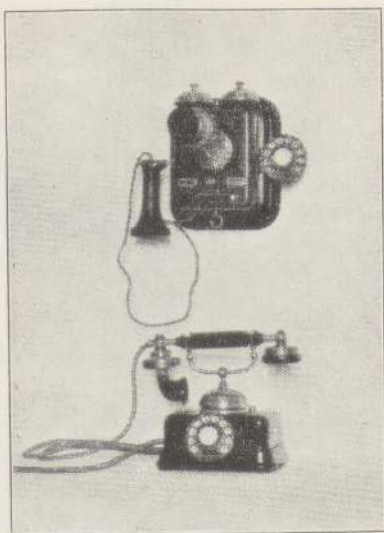


Fig. 4.

Der er delte Meninger om Rentabiliteten og Driftssikkerheden af saadanne Vælgerskiver, der tilmed skal anbringes paa alle Apparater, altsaa gennemsnitlig mere end 1 (ca. 1,25) pr. Ledning; mange frygter, at Abonnenterne vil gøre Fejl ved Manipulationen af Vælgerskiven (se § 6). Derfor er de semiautomatiske (halvautomatiske) Systemer fremkomne; ved disse er Centralerne indrettet meget nær som de fuldautomatiske, men Vælgerskiverne findes ikke. Derimod findes paa Centralen Telefonistinder (Fig.

5), der ved Tastatur (Fig. 6) indstiller det ønskede Nummer, hvorefter Vælgerne gør Resten. Fordelen ved det halvautomatiske System imod det manuelle er, foruden det automatiske Systems almindelige Fordele, de ringere Ekspeditionsudgifter. Disse hidrører dels fra det store Antal Ekspeditioner, en Telefonistinde kan udføre i Timen (5 à 700 mod 2 à 300), dels fra, at Forbindelser over flere Stationer kun fordrer Betjening paa den første.

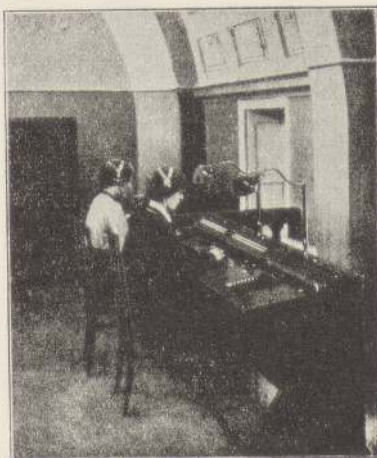


Fig. 5.

Baade det hel- og det halvautomatiske System har ivrige Talsmænd, og Spørgsmaalet om, hvilket af de to Systemer, man vil foretrække, maa afgøres under Hensyn til en Mængde lokale, tekniske, finansielle og sociale Forhold. Jo mere en Abonnent taler, desto bedre betaler det sig at sætte Vælgerskive paa hans Apparat, men desto mere vil han formentlig ogsaa ønske sig fritaget for det med Skiven forbundne Arbejde.

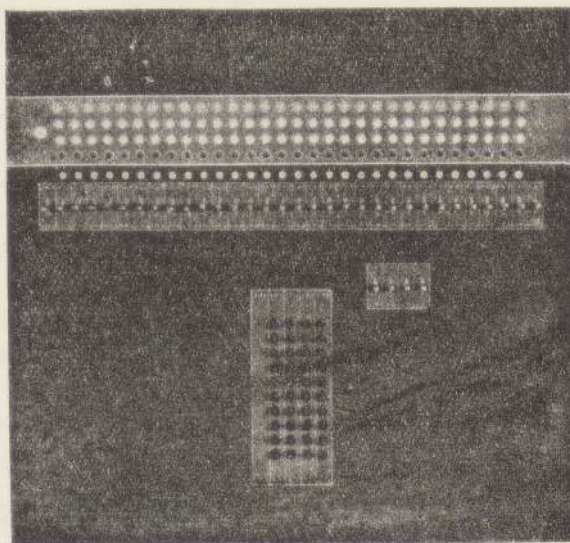


Fig. 6. Halvautomatisk Nøglesæt (W. el. Co.).

### § 3.

#### Kapacitet, Nummersystem og Trunklinienet.

I Fig. 7 ses i Diagram de to hidtil førende Systemer, nemlig øverst Strowgersystemet i Siemens & Halske's Udførelse, nederst Westernsystemet. Igennem Koncentrationsanordninger (se § 4) kommer den kaldende Abonnent i Forbindelse med en Gruppevælger. Dennes Formaal er, styret af Impulserne fra Vælgerskive eller Ta-



statur, først at indstille til en bestemt af 10 Retninger, dernæst at udsøge en ledig Ledning i denne Retning og stille Abonnementen igennem til denne Ledning. Strowger-vælgeren har 100 Stillinger, nemlig for 10 Retninger med

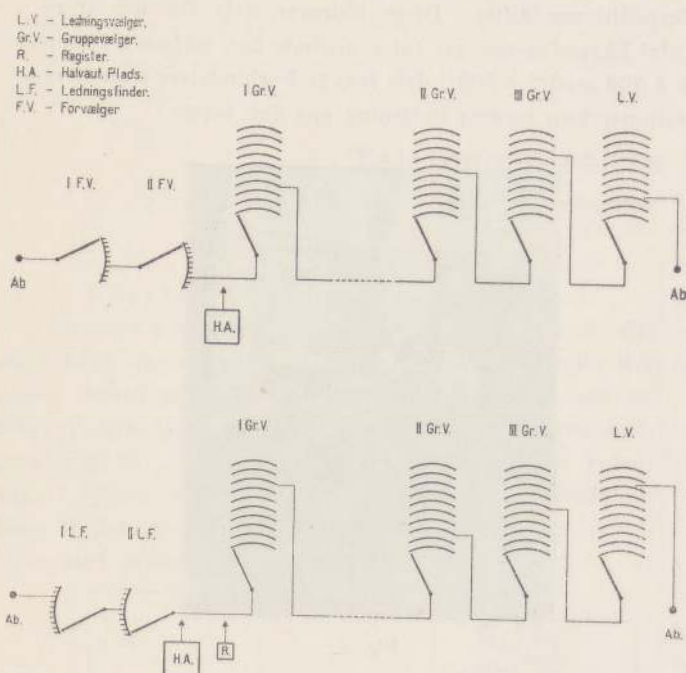


Fig. 7. Siemens & Halskes System, øverst.  
Western el. Co.'s — , nederst.

10 Ledninger i hver Retning; Westernvælgeren har 220 Stillinger, nemlig for 10 Retninger med 22 Ledninger i hver Retning. For hver Gruppevælger, der passerer, kan Samtalen dirigeres i 10 Retninger indtil den sidste Vælger, Ledningsvælgeren. Denne vælger i Strowgersystemet over 100 Abonnementnumre, i Westernsystemet over 200. Kapaciteten af et saadant System forøges saaledes til det 10-dobbelte for hver Gruppevælger, der passerer; i det viste Strowgersystem er Kapaciteten  $100 \times 10 \times 10 \times 10 = 100\,000$ , medens den i det viste Western System er  $200 \times 10 \times 10 \times 10 = 200\,000$ .

Hovedprincippet i saadanne automatiske Systemer er, at man ved 1ste Gruppevælgeren føres hen til det Distrikt af Byen, hvor den ønskede Abonent bor. Byen deles i 10 Distrikter med hver sin Central eller Trafikcenter paa 10 eller 20 000 Numre; Abonnementernes Numre vil saaledes afhænge af deres Bopæl. Centralledninger (Trunklinierne) findes mellem 1ste og 2den Gruppevælger; der er intet i Vejen for at dele Centralerne i mindre Undercentraler, saaledes at ogsaa Ledningerne mellem 2den og 3die Gruppevælger bliver Trunklinier.

I Fig. 8 er vist, hvorledes Vælgere kunde opstilles paa visse københavnske Centraler, og hvorledes Forbindelserne mellem dem bliver. Fig. 9 viser en tænkt Inddeling af København i Trafikcenter for et rent hel- eller halvautomatisk System, medens Fig. 10 viser et halvautomatisk System, hvor Navnecentralerne med manuelle Multipleborde er bibeholdt for alle Samtaler til Partsabon- nenter (se § 8).

Medens de ovenfor omtalte Vælgere indstiller i 10 Retninger, er der nyere Systemer, der indstiller i et større Antal Retninger. I Fig. 11 ses 2 svenske Systemer, Hultman's og Ericsson's. Hultman benytter en Vælger med 1000 Stillinger; Gruppevælgerne vælger i 20 Retninger

med 40 Ledninger i hver Retning. (1ste Gruppevælgerne er vendt om og kaldes Gruppessøgere, men Forholdet er i talmæssig Henseende det samme). Med 2 Gruppevælger i Serie faas altsaa en Kapacitet paa  $1\,000 \times 20 \times 20 = 400\,000$ . Ericssons benytter en Vælger med 500 Stillinger; Gruppevælgerne vælger i 25 Retninger med 20 Ledninger i hver Retning. Kapaciteten med 2 Gruppevælgere er  $500 \times 25 \times 25 = 312\,500$ .

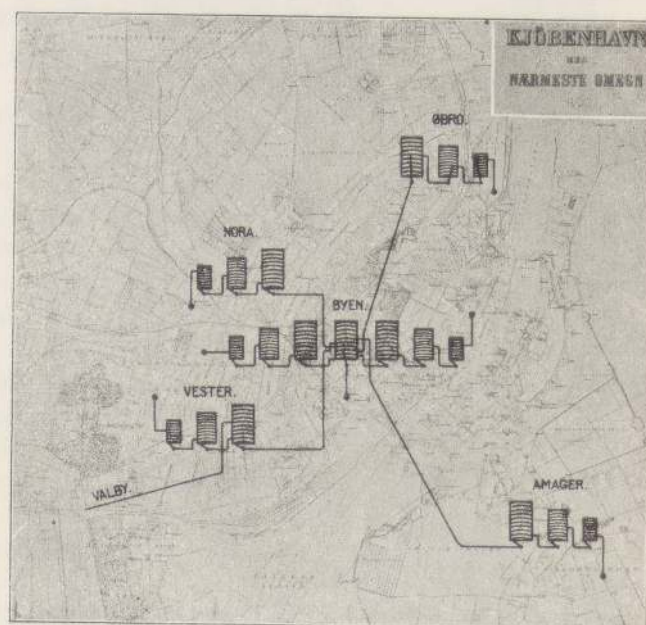


Fig. 8.

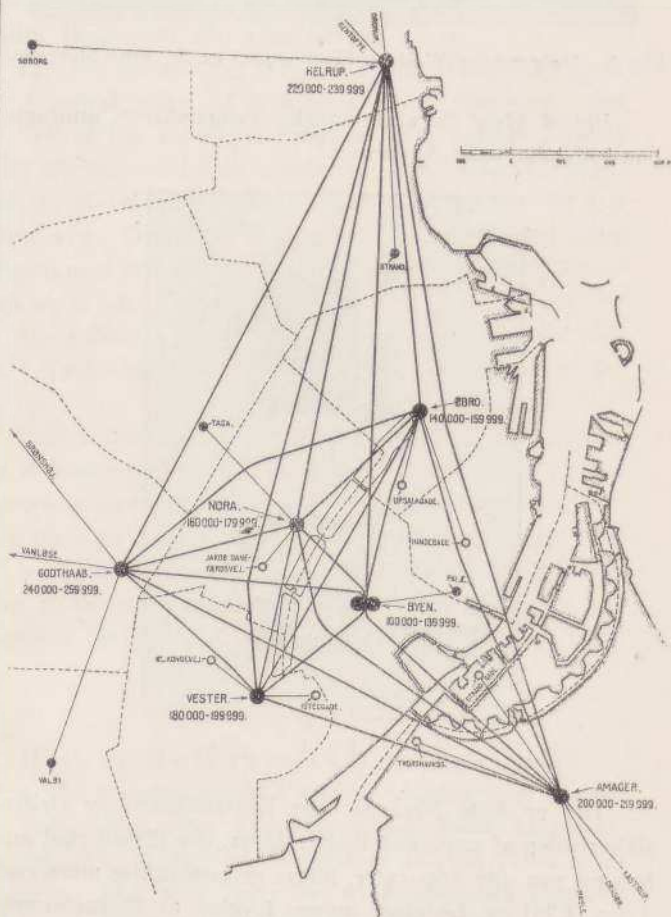


Fig. 9. (1:76000) Tænkt Anordning af Københavns Trafikcenter. Rent hel- eller halvautomatisk System.

I Fig. 12 er vist det nye amerikanske »panel« System, hvori Vælgere har 500 Stillinger; Gruppevælgerne vælger i Almindelighed mellem 20 Retninger med 25 Led-



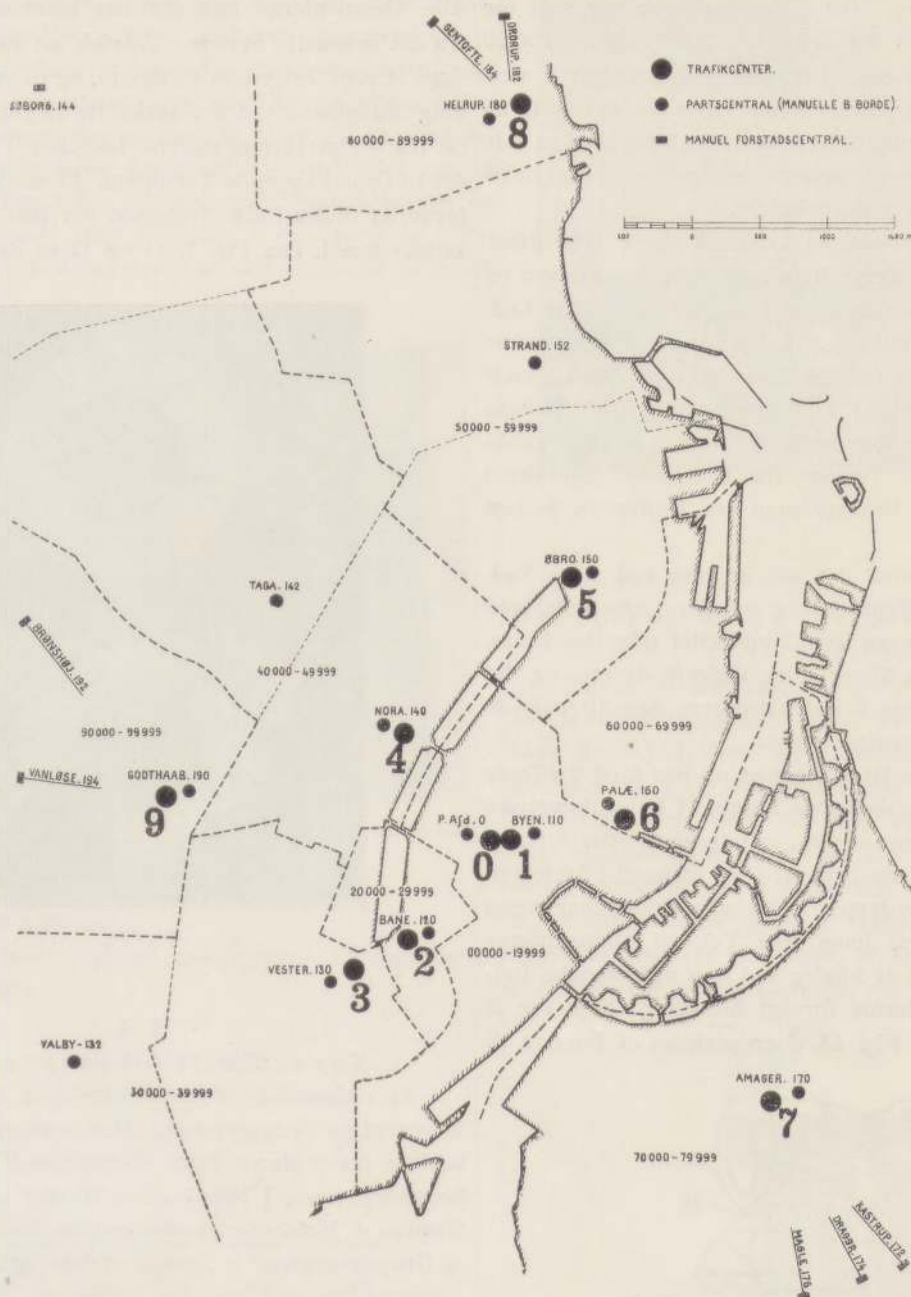


Fig. 10. (1:58 000) Tænkt Anordning af Københavns Traficenter. Blandet automatisk og manuelt System.

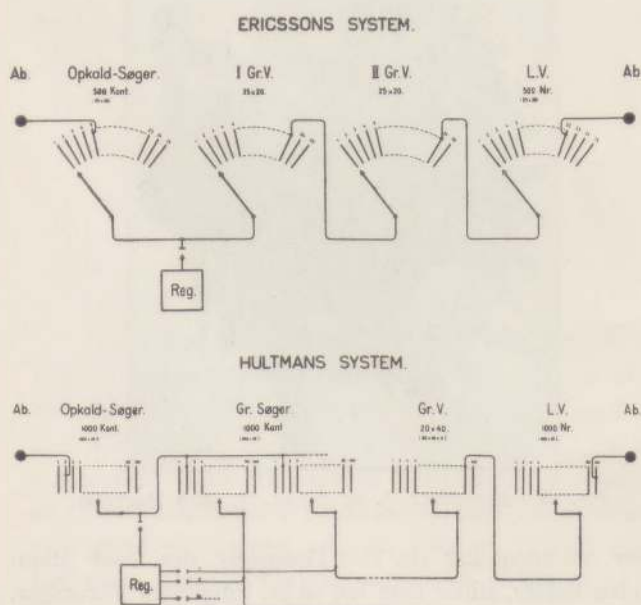


Fig. 11.

# DIAGRAM AF ET 4 MILLION „PANEL SWITCH“ SYSTEM.

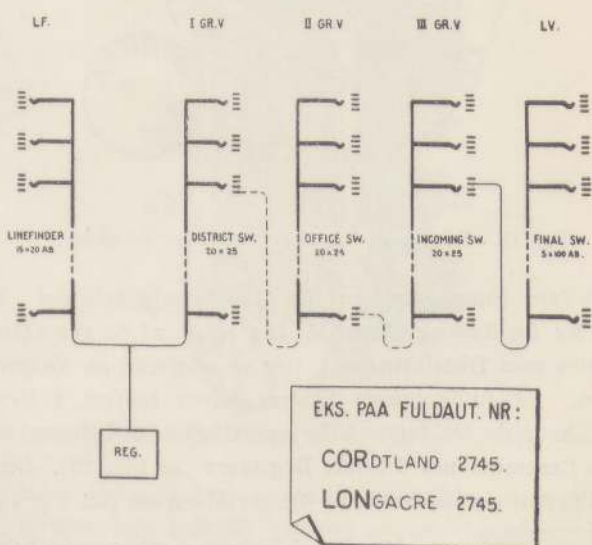


Fig. 12.



ninger i hver Retning. Det viste System er beregnet for New York og har en Kapacitet af  $500 \times 20 \times 20 \times 20 = 4$  Millioner Ledninger. Fra 1ste Gruppevælgerne vælges mellem 20 Distrikter, i hvilke igen findes indtil 20 Centraler. Hoved-Trunklinierne gaar saaledes mellem 1ste og 2den Gruppevælger, medens sekundære Trunklinier gaar fra 2den til 3die Gruppevælger.

Det er nævnt, at de forskellige Vælgere ikke alene indstiller i flere eller færre Retninger men ogsaa søger en ledig Ledning imellem et større eller mindre Antal Ledninger i den valgte Retning. Efter Sandsynlighedslovene kan man belaste den enkelte Ledning i et større Bundt stærkere end en Ledning i et mindre Bundt<sup>1)</sup>. Medens man saaledes ved Strowgersystemet skal have 100 Trunklinier med tilhørende Vælgere for hver 1000 Samtaler i Dagens travle Time, behøver man ved Hultman's System kun 53.

Af ovenstaaende vil det ses, at man ved store Vælgere opnaar større Kapacitet og mindre Vælgerantal ved en given Trafik, ligesom Trunklinienettet udnyttes bedre. Paa den anden Side bliver store Vælgere dyrere, og det bliver i saa Henseende Konstruktorernes Sag at finde de mest økonomiske Konstruktioner.

Naar man i store Byer kommer op paa 6 og 7 cifrede Tal, bliver de ret vanskelige at huske. I halvautomatiske Systemer kan man, om ønskes, erstatte de 2 eller 3 første Cifre med Centralnavne ligesom i de manuelle Systemer. I fuldautomatiske Systemer, hvor man hidtil har anset det for nødvendigt at have rene Tal, vil Abonnementerne meget let komme til at kludre ved den automatiske Indstilling. Man har derfor forsøgt forskellige Veje for at lette Hukommelsen. Fig. 13 viser saaledes et Forslag til



Fig. 13. Foreslaet Nummersystem for London.

et 10-Tals Nummersystem for London, udarbejdet af d'Herr Laidlaw og Grinstead. Det første af de syv Cifre erstattes med Distriktsnavnet, der er angivet paa Vælgerskiven. Et fuldkomnere System bliver indført i New York, hvor de tre første Cifre er erstattet med de nuværende Centralnavnes 3 første Bogstaver (se Fig. 12). Den hertil benyttede Mærkning af Vælgerskiven ses paa Fig 14.

<sup>1)</sup> P. V. Christensen: Antallet af Vælgere i automatiske Telefoncentraler »Elektrotekniker« 1913.

Alle Abonnementerne kan saaledes bibeholde deres Numre fra det manuelle System. Teknisk set maa der imidlertid ligge et rent Talsystem til Grund, og denne ret ideale Løsning muliggøres ved det saakaldte Register, der omsætter de fra Vælgerskiven afgivne Impulser i Titalsystemet til det til Grund liggende Talsystem. Et saadant Register maa forøvrigt findes i alle Systemer, der ikke baseres paa Dekadesystemet. Paa Fig. 7, 11 og 12 er Registrene angivne.

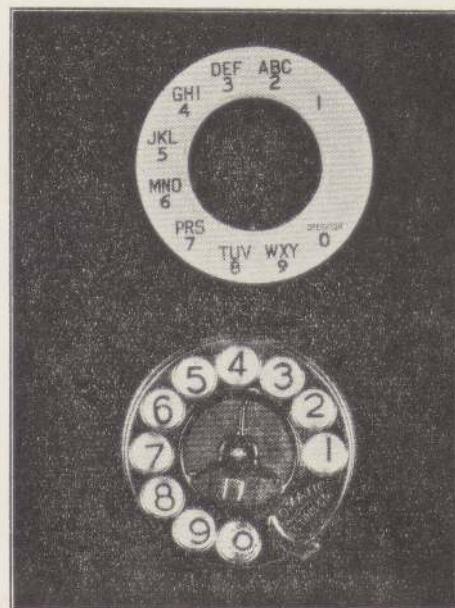


Fig. 14.

#### § 4.

#### Koncentrationsanordninger.

Af økonomiske Grunde kan man ikke tildele hver Abonent en Gruppevælger. Man koncentrerer derfor Opkaldene fra et større Antal Abonnementer til et mindre Antal Gruppevælgere. I Fig. 7 ses 2 Maader at gøre dette paa. Siemens & Halske indskyder mellem Abonentledningerne og Gruppevælgerne et System af 1ste og 2den Forvælgere.

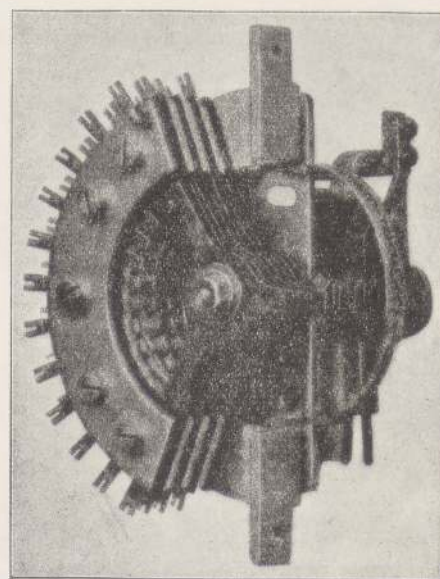


Fig. 15 Forvælger (S. og H.) ca.  $\frac{2}{3}$  sand Størrelse.

Hver Abonent har sin 1ste Forvælger, der, naar Abonenten kalder, stiller ham ind til en ledig 2den Forvælger, der atter stiller ind til en ledig Gruppevælger. Forvæl-



gerne har 10 Stillinger. I Almindelighed kan 2000 Abonnenter paa denne Maade nøjes med 100 Gruppevælgere.

I Westernsystemet bruges den omvendte Anordning, idet en 1ste Ledningsfinder med 60 Stillinger udsøger den kaldende Abonnentledning, medens atter en til Gruppevælgeren hørende 2den Ledningsfinder indstiller sig til den 1ste Ledningsfinder. I Hultman's System bruges en Ledningsfinder med 1000 Stillinger; i Ericsson's og i Panelsystemet har Ledningsfinderne 500 Stillinger (Fig. 11 og 12).

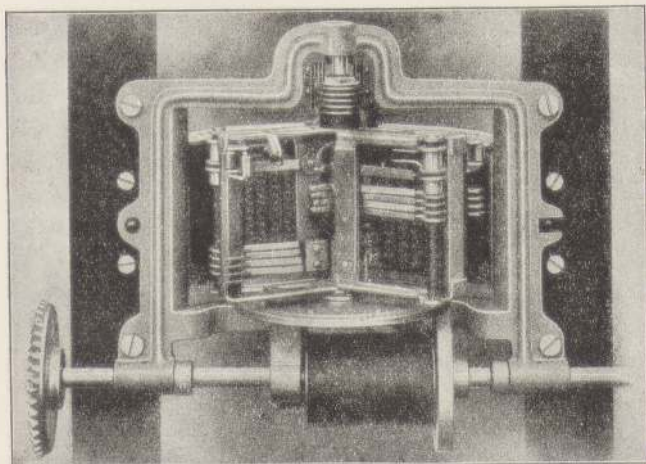


Fig. 16. Ledningsfinder (W. el. Co.) ca.  $\frac{1}{8}$  sand Størrelse.

Fig. 15 viser Siemens & Halskes impulsdrevne Forvælger med 10 Stillinger.

Fig. 16 viser Westerns motordrevne Ledningsfinder med 60 Stillinger.

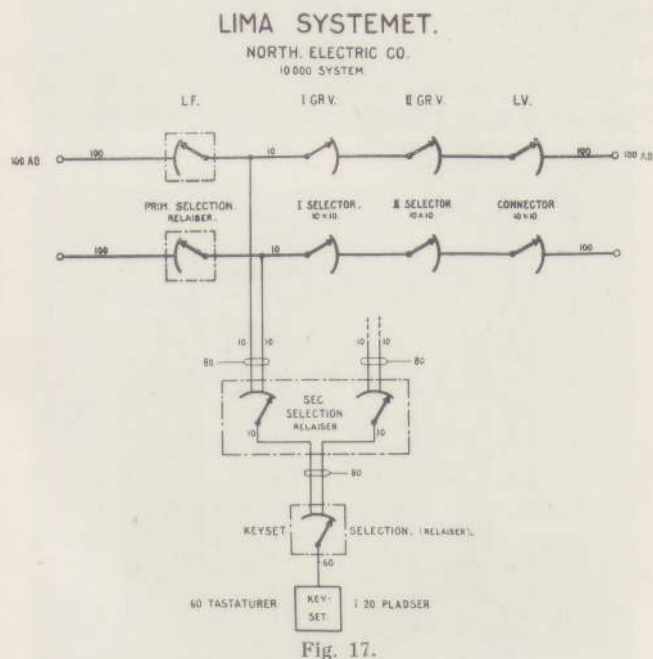


Fig. 17.

North Electric Company i Galion erstatter de roterende Ledningsfindere med Relaisgrupper. Dette er formentlig noget dyrere men har den Fordel at virke næsten øjeblikkeligt. Centralen i Lima, se Fig. 17, er halv-automatisk; skønt Abonnementen passerer 3 Ledningsfindere, førend han kommer i Forbindelse med Telefonistinden, sker dette saa hurtigt, at man i denne Central vistnok har naaet Grænsen for det opnaaelige i Retning af hurtig og økonomisk Betjening (Fig. 18).

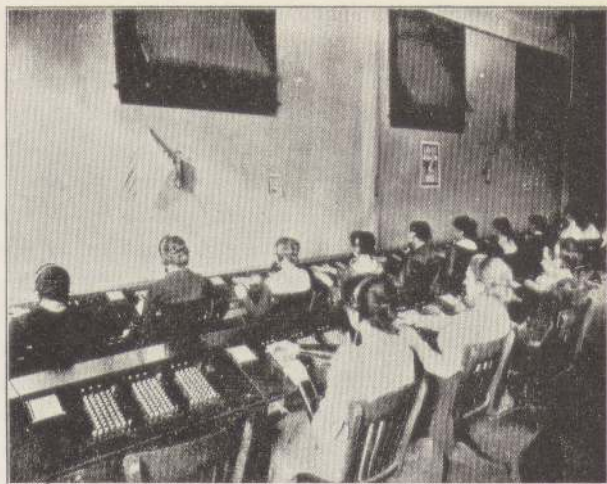


Fig. 18.

### § 5.

#### Hovedtræk af de forskellige Vælgerkonstruktioner.

Fælles for alle Vælgerkonstruktioner er en bevægelig Del med Kontaktfjedrene eller Børsterne samt et Felt med faste Kontaktstykker, der er multipleforbundne fra Vælger til Vælger, og hen over hvilke Børsterne glider. Den bevægelige Del svarer til Prop og Snor i det manuelle System, medens Kontaktfeltet svarer til Jackfeltet. Børster og Kontaktstykker findes alle i Sæt à 3 Stkr., nemlig 2 for Taletraadene og 1 for Testtraaden. Fælles for alle Konstruktioner er endvidere, at enhver Vælger, der indstiller sig paa en vis Ledning, ved Testledningen blokerer

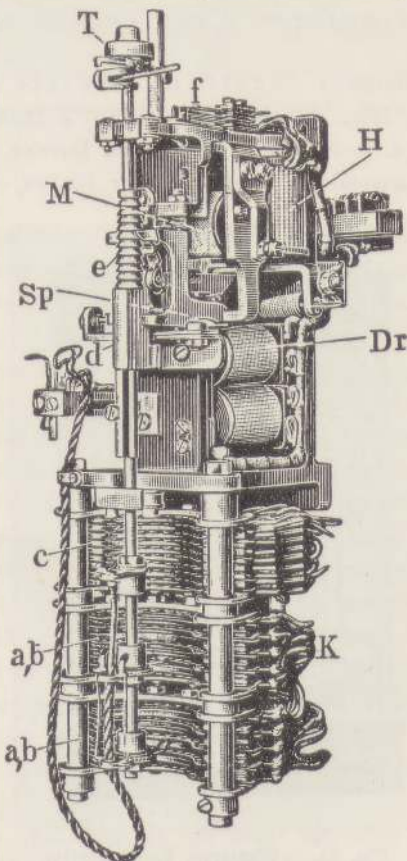


Fig. 19. Strowger Vælger (S. og H.), ca.  $\frac{1}{8}$  sand Størrelse.

denne i alle de dermed multipleforbundne Vælgere, saa at de ikke kan indstille sig paa samme Ledning. Vælgerkonstruktionerne er forskellige, hvad Størrelse og Form



af Kontaktfeltet samt Bevægelsesmaade af Børsterne an-  
gaar.

I *Strowgervælgeren* (Fig. 19) er Kontaktfeltet anbragt paa Inderfladen af en Cylinder og indeholder  $3 \times 10$  Rækker à 10 Kontaktstykker; den bevægelige Del er en lodret Stang i Cylindrens Akse, paa hvilken Kontaktfjedrene er anbragt. Stangen kan ved Magneter løftes og derefter drejes, indtil 10 Trin i hver Bevægelse, saaledes at hver Kontaktfjeder kan indstille sig paa ethvert af 100 faste Kontaktstykker. Bevægemagneternes Ankre faar ved Impulserne fra Vælgerskiverne en frem- og tilbagegaaende Bevægelse, der igennem Paller paavirker Vælgeren. Vælgerens Bevægelse kaldes impulsdreven eller »step by step«. Vælgeren bringes tilbage til Hvilestillingen ved Fjederkraft og Tyngde, der frigives ved Udløsemagneten.

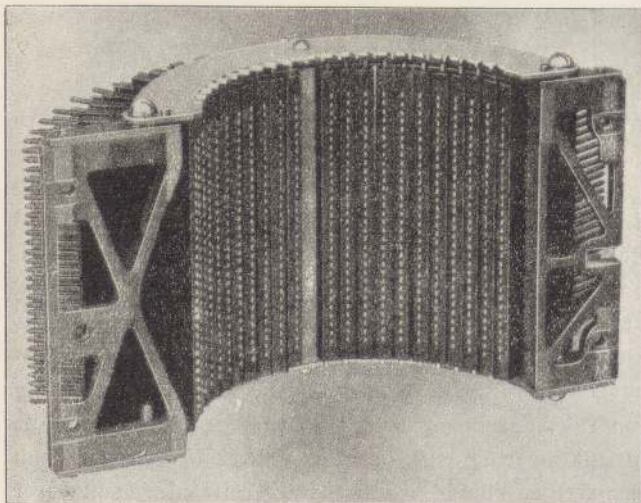


Fig. 20. Kontaktsæt (W. el. Co.), ca.  $\frac{1}{3}$  sand Størrelse.

Kontaktfeltet i Western Electric Company's Vælger (Fig. 20) indeholder  $10 \times 3$  Dækker à 22 Kontakter. I Stedet for et enkelt Sæt Børster, der løfter sig til den paagældende Række, er her 10 Sæt, et for hver

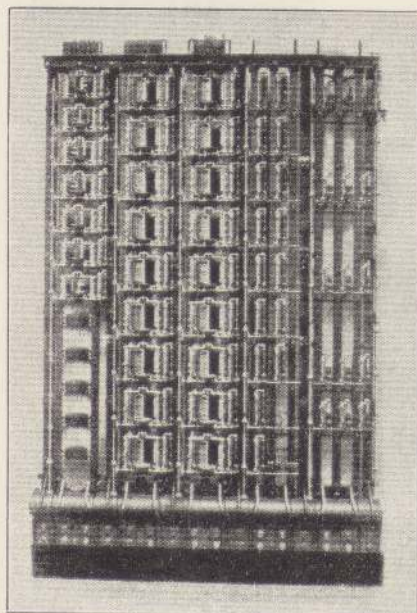


Fig. 21. »Western« Vælgerstativ.

Række; naar Vælgeren drejer sig, er der kun 1 Børstesæt, der rører Kontakterne, nemlig det, der i Forvejen ved et særligt Udvælgeapparat (»trip spindle«) er udløst fra den tilbagetrukne Stilling. I Fig. 21 ses et Stativ med Væl-

gere og Ledningsfindere; Bevægeorganerne er et System af bestandig roterende Aksler, der ved magnetiske Koblinger medfører Børsteholderen og de andre drejelige Dele. Under Drejningen udsender disse med visse Mellemrum Impulser til det saakaldte Register, hvor Impulserne optælles, og hvorfra i rette Øjeblik et Strømstød returneres til Vælgeren og standser denne.

DIAGRAM AF HULTMANS VÆLGER.

1000 LEDNINGER.

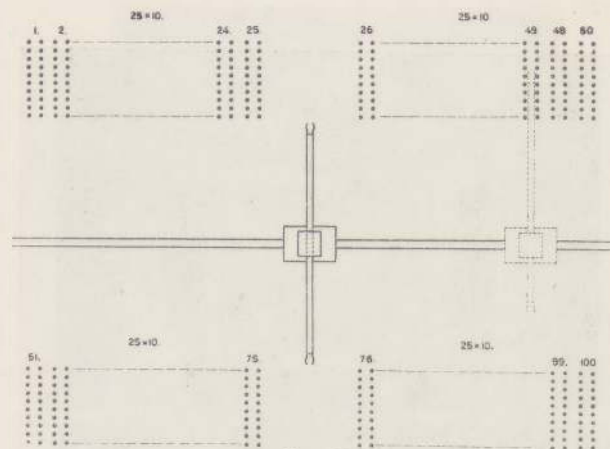


Fig. 22.

Ved Vælgerkonstruktioner med store Kontaktfelter kan man, som nævnt i § 3, nøjes med et ringere Antal Vælgere, men Kontaktfelterne selv og Indlodning af Multipleforbindelserne bliver kostbare. For at undgaa denne Indlodning anvender *Hultman* (se Fig. 11) et Kontaktfelt af parallelt udspændte Metaltraade; Kontaktfjedrene bevæger sig ind imellem disse Traade og lægger sig til paa Siden. I Fig. 22 er skematisk vist Anordningen i en Vælger med 1000 Stillinger. Multipletraadene gaar vinkelret paa Billedets Plan og er ordnede i 4 Grupper, hver med 25 Rækker à  $10 \times 3$  Traade. Ved Udvalget bevæges Fjederstøttet enten tilhøjre eller tilvenstre, derefter op eller

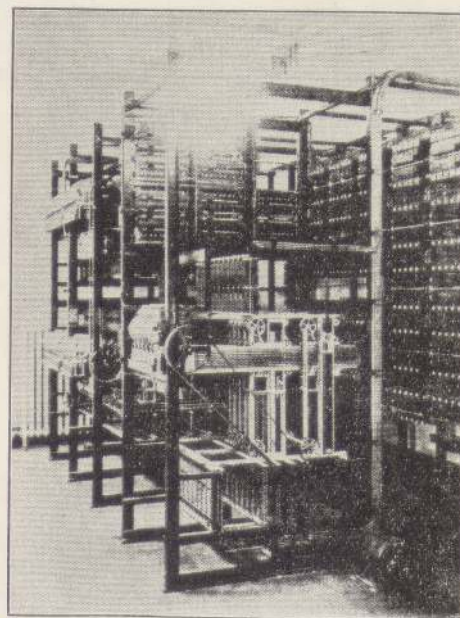


Fig. 23. Hultman's Vælgerstativ.

ned, hvorved det gaar ind imellem Traadene i den rette Række. I Fig. 23 vises et Vælgerstativ; hver Vælger optager ca. 6 cm af Traadenes Længde. Bevægelsen sker ved Snortræk og elektromekaniske Koblinger.



Telefonaktiebolaget *L. M. Ericsson* (se Fig. 11) benytter samme Princip, men Traadene ligger lodret, og Vælgerens første Bevægelse er en Drejning; som Følge heraf ligger Traadene ordnet i 25 radiale Planer med  $20 \times 3$  Traade i hvert. Et delvis monteret Vælgerstativ ses i Fig. 24 og en enkelt Vælger i Fig. 25. Vælgerarmen med Kontaktfjedrene drejes først og forskyder sig dernæst ind mellem Traadene. Vælgermekanismen stables over hinanden (som Tallerkener) og optager hver 3,5 cm i Højden.

I Western Electric Company's »panel-switch» System er Kontaktfeltet dannet af udstansede Metalstrimler, lagt over hinanden med isolerende Mellem-læg. De har for hver 3die Centimeter et Fremspring, der er det egentlige Kontaktstykke; saadanne 1500 Strimler med Mellem-læg danner en stor Tavle, det saakaldte Panel (Fig. 26 og 27). Selve Vælgerne bestaar af lodrette Stænger, en for hver 3die Centimeter; de bærer et vist Antal Børster og har kun en lodret Bevægelse, op og ned. Kun 1 Sæt af Børsterne, der i Forvejen er udvalgt, berører under Bevægelsen Kontaktfeltet. Vælgeren har 500 Stillinger; Bevægelsen sker ved elektromagnetiske Friktionskoblinger.

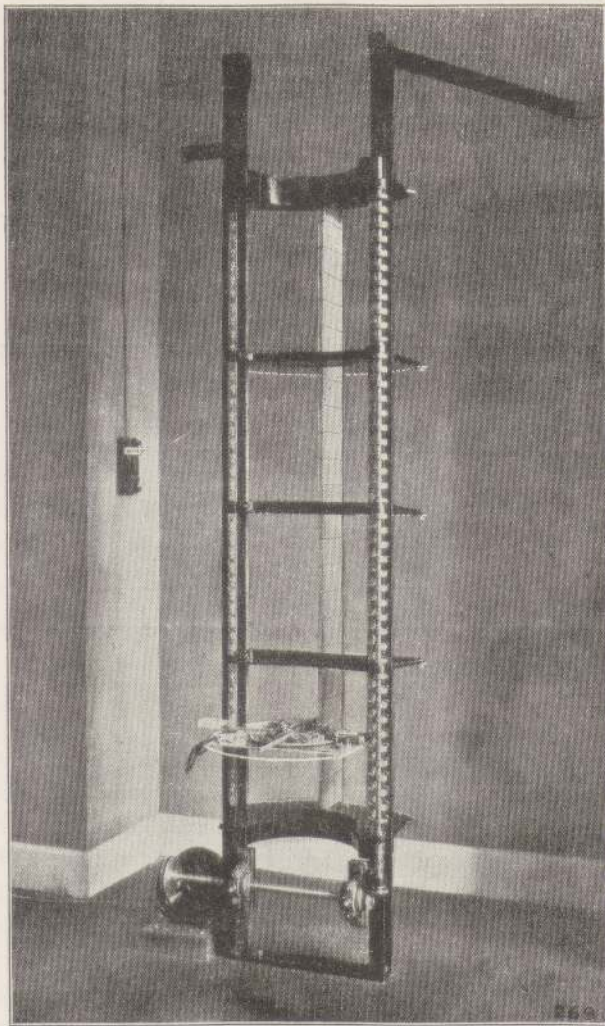


Fig. 24. *L. M. Ericsson's* Vælgerstativ (delvis monteret).

I Modsætning til de omtalte meget store Vælgere indeholder *Betulander's* System de mindst mulige Vælgere, nemlig kun Relais; dette System udmærker sig ved sin mekaniske Simpelhed. Ganske vist skal der mange Relais til at erstatte en Vælger, men naar til Gengæld Re-

laiserne gøres til Genstand for storstilet Massefabrikation, kan Systemet formentlig under visse Forhold konkurrere med de mekaniske Systemer.

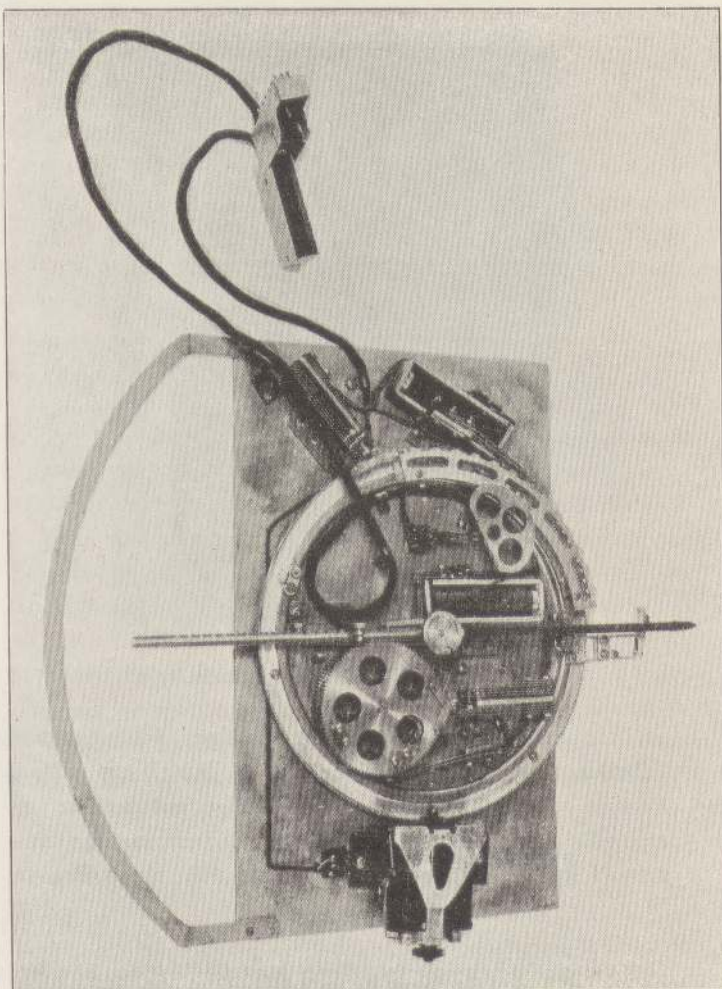


Fig. 25. Vælgermekanisme (*L. M. E.*), ca.  $\frac{1}{5}$  sand Størrelse.

## § 6.

### Driftssikkerheden.

Vil man spørge, om disse nye Systemer er i Stand til at give tilfredsstillende Tjeneste, maa dette absolut besvares bekræftende. Ethvert System har sine Børnesygdomme, som det nok vil tage en halv Snes Aar at borteliminere, saa der er i høj Grad Grund til at være forsigtig overfor det nye og uprøvede. Selve de Kontakter, hvorigennem man taler, har i visse Systemer givet Anledning til Fejl, nemlig Støj under Talen, men det synes, som om man ved Valg af Materiale, passende Kontaktryk o. s. v. kan komme ud over denne Fejl. Dog maa man overfor nye Kontaktkonstruktioner erindre, at Usikkerheden først fremkommer ved Sliddet, saa at Fejlen først viser sig efter længere Tids Brug.

De ret høje Spændinger, indtil 60 Volt, hvormed de automatiske Systemer arbejder, nærmer sig stærkt Grænsen for, hvad de normale Telefonkabler og Installationer kan taale, ligesom der heraf ofte følger stærke og generende Knald i Telefonerne.

Det er vanskeligt at faa noget objektivt Begreb om Driftssikkerheden, idet den meste Statistik er udarbejdet af Fabrikterne, der gerne stiller deres System i det bedste Lys. Naar saaledes en forøvrigt udmærket amerikansk Fabrik angiver Udgiften til Vedligeholdelse af Centralen til 31 Cent pr. Aar pr. Ledning og af Vælgerskiven



til næsten ingenting, maa dette formodes at være noget vel optimistisk. Udgifterne ved Vælgerskiverne maa antages at afhænge af Klimaet, de angives af de engelske Autoriteter til 6 pence, og af de amerikanske til 25 cent

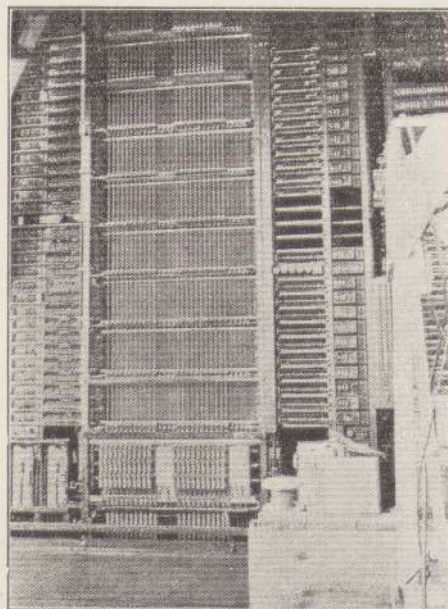


Fig. 26. »Panel« Vælgerstativ.

pr. Aar, hvilke Tal synes meget gunstige. I hosstaaende Tabeller vises Forholdet mellem Fejlantal og udført Arbejde ved Fejlretning paa forskellige automatiske og manuelle Centraler; det vil ses, at de automatiske meget vel kan konkurrere med de manuelle, naar Hensyn

tages til det uhyre Arbejde og Materielforbrug ved Reparation af Snorene paa de sidste.

Hvor der er indført automatiske eller halvautomatiske Systemer, udtaler Abonnementerne gennemgaaende deres fulde Tilfredshed. Dommen herom maa dog altid være noget paavirket af Sammenligninger med de i Reglen forældede Systemer, der er erstattet med de nye automatiske.

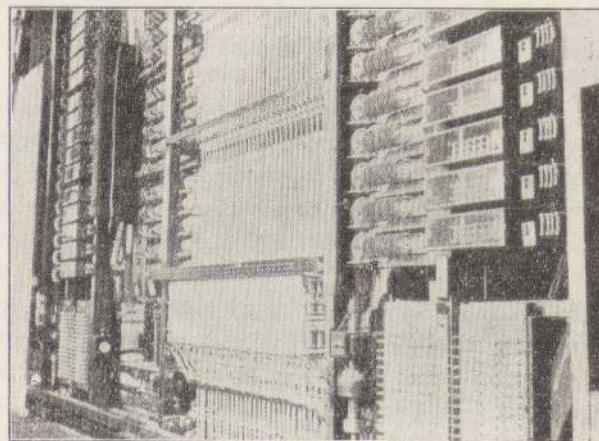


Fig. 27. »Panel« Vælgerstativ.

#### § 7.

#### Om stillingsborde og Ekstraapparater.

Ved det halvautomatiske System kan Omstillingsborde og Ekstraapparater bibeholdes ganske som i de manuelle Systemer.

Ved fuldautomatisk System er den almindeligste Ord-

#### Sammenligning mellem Antal Fejlforbindelser ved automatiske og manuelle Systemer.

| System                                       | Observerede<br>Opkald. | Abonnementen forlanger<br>galt Nr. eller drejer galt<br>paa Skiven. |      | Telefonistinden eller<br>Vælgeren giver galt Nr. |      | Fejl<br>ialt<br>pCt. |
|----------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------|------|--------------------------------------------------|------|----------------------|
|                                              |                        | Antal                                                               | pCt. | Antal                                            | pCt. |                      |
| Automatisk med ringe Trunkning . . . . .     | 8 513                  | 84                                                                  | 0,99 | 26                                               | 0,31 | 1,30                 |
| Manuelt — — — . . . . .                      | 4 596                  | 44                                                                  | 0,96 | 43                                               | 0,94 | 1,90                 |
| Manuelt — 60 pCt. — . . . . .                | 5 686                  | 57                                                                  | 1,00 | 108                                              | 1,90 | 2,90                 |
| Stort manuelt System med 85 pCt. Trunkning . | 16 531                 | 141                                                                 | 0,85 | 774                                              | 4,7  | 5,56                 |

Observationer paa engelske Centraler efter Laidlaw & Grinsted 1919.

#### Arbejdstimer pr. Aar pr. Ledning ved Fejlretning paa Centraler.

|                                               |                       |
|-----------------------------------------------|-----------------------|
| København, Hovedcentralen . . . . .           | 7 Timer (inkl. Snore) |
| — , mindre Centraler . . . . .                | 3 —                   |
| Automatiske Centraler <sup>1)</sup> . . . . . | 5 à 8 —               |

#### Antal Fejl pr. Aar.

|                         | København           | Gennemsnit af engelske<br>automatiske Centraler |
|-------------------------|---------------------|-------------------------------------------------|
| Apparatfejl pr. Apparat | 0,9                 | 1,06 <sup>2)</sup>                              |
| Centralfejl pr. Ledning | 0,2<br>ekskl. Snore | 0,77                                            |

<sup>1)</sup> Efter *Mc Berty* i J. I. E. E. London 1917.

<sup>2)</sup> Heraf 25 pCt. i Vælgerskiverne.

ning, at Omstillingsbordet forsynes med en Vælgerskive, saa at den lokale Telefonbetjening besørger Indstillingen. I Forretninger, hvor Arbejdet hermed vilde blive for stort, kan man forsyne alle Apparater med Vælgerskiver, hvilket jo imidlertid er ret kostbart. At bygge selve Omstillingsbordene om til automatiske Undercentraler er gjort enkelte Steder, men det betaler sig kun ved meget stor Lokaltrafik. Opkald udefra til et saadant Anlæg maa helst indgaa til en halvautomatisk Plads, hvorfra der indstilles til de forskellige Afdelinger.

For Undersøgelsen vedrørende Økonomien af Fuldautomatik er Hensynet til Ekstraapparaterne en væsentlig medbestemmende Faktor. Saaledes er der for Københavns Hovedcentral dobbelt saa mange Apparater som Abonnementledninger.



### § 8.

#### Partsliniesystem.

Partslinier kan forbindes til automatiske Telefoncentraler, omend disse derved bliver noget fordyrede, saa at Økonomien ved Partningen bliver tvivlsom. Nummereringen kan være med Partsliniebogstaver, eller de sammenhørende Abonnenter kan have Numre, der kun afviger i et af Cifrene. Endelig kan man give Abonnenter paa samme Ledning helt vilkaarlige Numre.

Partsliniesystemets Natur passer ikke til fuldautomatiske Systemer; saaledes kan en Partsabonnent forstyrre Medpartens Opkald ved at løfte Telefonen af, medens sidstnævnte drejer Skiven, saa at der faas forkert Nummer. Dette undgaas i halvautomatiske Systemer, men man kommer ikke udenom de store Vanskeligheder, ved at Partsabonnenter skal kunne kalde deres Medparter. Idet nemlig enhver Ledning tester optaget, saa snart Telefonen løftes af, vil man i disse Tilfælde altid faa »optaget« Signal, hvis der ikke træffes særlige Foranstaltninger af administrativ og teknisk Art. I Telefonnet med Partslinier maa man formentlig helst holde disse udenfor det automatiske System.

### § 9.

#### Provins- og Statstelefontrafik.

Automatsystemerne er, som alle Værktøjsmaskiner, bedst egnede for Fremstilling af en stor Masse ensartede

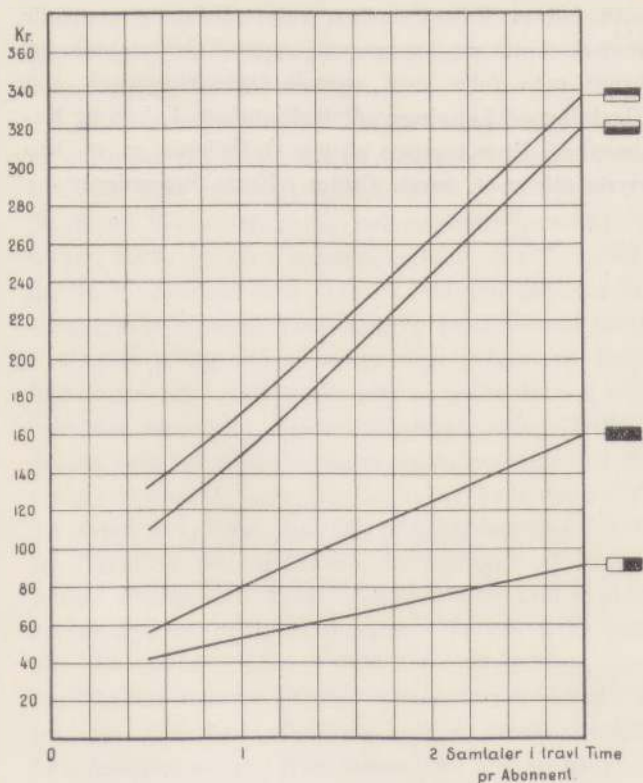
Enheder. Saasnart Enhederne, in casu Telefonsamtalerne, bliver individualiserede, bereder Systemerne Vanskeligheder. Dette gælder om alle ekstra betalte Samtaler, der kræver Overvaagning, specielt de kostbare Samtaler over lange Linier. Ekspeditionen af disse kan foregaa ved halvautomatiske Pladser, men da Telefonistinden maa kunne gaa ind paa, eventuelt bryde, bestaaende lokale Samtaler men derimod ikke andre udenbys Samtaler, kræves der herfor specielle kostbare Vælgeranlæg, der tilmed faar en daarlig Udnyttelse. Man har derfor hidtil mest bibeholdt de manuelle Multipleborde for al særlig Trafik, hvis denne udgør en væsentlig Del af den hele Trafik, bliver Automatiseringen ret problematisk.

### § 10.

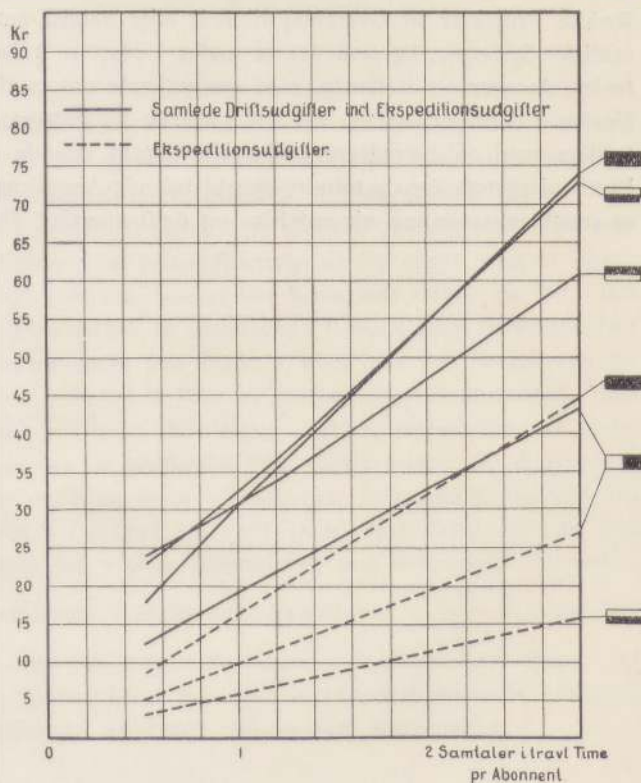
#### Fremtidsudsigter.

Med Undtagelse af den ældre Strowger, der efter Sigende udførte sit Arbejde af Had til Telefonistinderne, som han vilde udrydde, har de Opfindere, der beskæftigede sig med automatiske Centraler, nærmest haft den store Besparelse af Udgifter til Betjening for Øje. Saa simpelt staar Sagen nu ikke, thi i Stedet for Udgifter til Betjening kommer Udgifter til Forrentning og Afskrivning. Hosstaaende Kurver (Fig. 28) angiver eksempelvis Anlægspriser og aarlige Udgifter ved forskellige manuelle og automatiske Systemer; paa Grund af den herskende Usikkerhed i Prisniveauet er Beregningen baseret paa Førkrigs-

#### ANLÆGSUDGIFTER PR. ABONNENT.



#### AARLIGE DRIFTSUDGIFTER PR. ABONNENT.



■ Manuel Central 10,000 Ab. Enkeltcentral, ■ Manuel Central 10,000 Ab. af Net paa 100,000, ■ Automat Central 10,000 Ab., ■ Halvautomat Central 10,000 Ab.

Fig. 28.



priser. Det vil ses, at der omtrent skal den dobbelte Kapital til automatiske som til manuelle Anlæg. Udgifterne til Forrentning, Afskrivning og Vedligeholdelse er sat til 18 pCt. af Kapitalen, idet der regnes med 15 Aars Levetid. For de automatiske Systemer er sat samme Procentsats som for de manuelle, omend der fra forskellig Side hævdes, at en automatisk Central vil holde længere end en manual, og at Udgifterne til Vedligeholdelse bliver omtrent lige store, altsaa procentvis mindre for Automat-systemerne. Disse Forhold vil naturligvis afhænge af Egen-skaberne og Kvaliteten af paagældende Systemer og kan først afgøres efter en længere Aarrækkes Erfaringer.

Af Kurverne fremgaar, at i Byer med kun 1 Central vil automatiske Systemer næppe betale sig, medens der kan opnaas økonomisk Fordel i Byer med mange Cen-traler. Alt ialt ligger Kurverne saa nær hinanden, at For-holdet mellem dem meget let kan ændres med Svingnin-ger i Lønninger og Materialepriser. For at naa til Afgø-relse over de økonomiske Forhold maa man tage alle Data vedrørende paagældende Anlæg, saasom Trafikfordelingen over Døgnet's Timer, Trunkningen, Lønninger, Priser, Ren-ter o. s. v. i Regning; hertil kommer naturligvis Kvalitet og Pris paa de tilbudte Fabrikater.

I Amerika, hvor der er meget store Vanskeligheder ved at fremskaffe det fornødne kvindelige Personale, og hvor man paa den anden Side har Kapital og Materialer til Raadighed, synes de automatiske Systemer at gaa en stærk Udvikling i Møde.

I Europa derimod, hvor der er Knapshed paa Kapital og Varer med tilhørende ringe Værdi af Pengene forhold-der man sig mere afventende.

Hvad specielt København angaar, er der udført en Række Projekter til Overgang til helt eller delvist auto-matiske Systemer, ligesom der er under Udførelse 2 Cen-traler, Amager og Hellerup, med overvejende automatisk Udstyr. Foreløbig synes dog det specielle københavnske System med en Hovedcentral for alle stærkt talende og Partsliniesystem for de mindre stærkt talende Abonnenter at medføre saadanne økonomiske og driftsmæssige For-

dele, at en gennemgribende Automatisering ikke i Øjeblik-ke vil svare Regning. Dette Spørgsmaal vil derimod blive brændende, naar Abonnenttilgangen bliver saa stor, at Hovedcentralen er fuldt besat, eller naar der skulde vise sig Vanskeligheder ved at skaffe det fornødne kvindelige Personale.

De automatiske Systemer har deres væsentlige Fordel i deres ubegrænsede Kapacitet og store Tilpasningsevne efter Byernes Vækst og Bebyggelsesforhold. Naar Centra-ler eller Kabelnet er optagne, vil man til enhver Tid kunne udvide vedkommende Central, og Udvidelsen kan om for-nødent lægges i en nærliggende Bygning, eller man kan bygge nye Centraler til Aflastning af de eksisterende.

I manuelle Systemer derimod er de enkelte Centralers Størrelse begrænset af Lokaleforhold, Telefonistindernes Rækkeevne o. s. v., medens hver ny tilkommende Central komplicerer Trafikproblemet. Kommer der for mange Centraler, vil man end ikke kunne nøjes med 2 Telefo-nistinders Medvirkning til hver Samtale, men det vil blive nødvendigt at anvende Tandem-Trunkning, hvor 3 eller 4 Telefonistinder medvirker, hvorved Tjenesten forringes og i høj Grad fordyres. Dette er f. Eks. Tilfældet i New York, hvor man ogsaa nu med Kraft er i Gang med Automati-seringen.

Den Besparelse, der eventuelt vil kunne opnaas ved Indførelse af automatiske Systemer, vil forringes væsent-lig ved Overgangstidens Ekstraudgifter, idet de automati-ske Vælgere ikke kan opfylde deres Mission, førend hele Nettet er ombygget, saaledes at den fulde Betjening maa bibeholdes længe efter, at det større Kapitalforbrug er begyndt. For en Ombygning af et større Net kan man næppe regne mindre end 5 à 10 Aar.

Alt ialt er Valget mellem automatiske og manuelle Systemer et aabent Spørgsmaal, som Telefonteknikerne uafbrudt maa følge med spændt Opmærksomhed, idet Forskydninger i Lønninger, Materialepriser, Valuta og Ka-pitalmarked, Fremkomsten af nye Opfindelser m. m. kan omstyrte alle med største Omhu udførte Beregninger.



## Sandsynlighedsregningens Anvendelse i Telefondrift.

Af cand. mag. A. K. Erlang.

Den Opgave, som her navnlig skal omtales, kan foreløbig betegnes saaledes: Man har en vis Telefontrafik, d. e. et vist Antal »Kald« pr. Tidsenhed, og saa har man et vist Antal Ledninger, som skal tage de paagældende Samtaler, eller ogsaa et vist Antal Telefonistinder til at ekspedere Samtalerne; det forudsættes herved, at den ene Ledning (eller Telefonistinde) altid kan træde i Stedet for den anden, naar denne i Øjeblikket er optaget. Hvad bliver saa Resultatet? Omstændighederne kan være forskellige. Undertiden har man indrettet sig saaledes, at man afviser det indkommende Kald, hvis hele Gruppen er optaget (»Hindring«, »Spærring«), og det gælder da at bestemme Antallet af saadanne Tilfælde. Men der haves ogsaa Indretninger, hvorved der kan blive Tale om en Ventetid, og Opgaven er da at finde Sandsynligheden for Ventetider af de forskellige Størrelser, man kan nævne, ogsaa den gennemsnitlige Ventetid. Ad Erfaringens Vej ved man jo noget om disse Ting, men ikke nok. Der fremkommer stadig nye Systemer eller Forslag, og det bliver alt for kostbart at gøre praktiske Forsøg med dem alle. Teori er altsaa nødvendig; dette gælder i alle Grene af Telefonien (»manuel«, »automatisk«, o. s. v.); Opgaverne er noget forskellige; men Grundlaget er dog det samme, og Forholdene i mange Maader analoge.

Jeg vil nu gøre et Par historiske Bemærkninger, særlig med Hensyn til de ældste Arbejder i denne Retning. Her maa først nævnes Telefondirektør *F. Johannsen's* lille Skrift om Ventetider, særlig ved manuelle Centraler (først trykt i 1907, derpaa i Ingeniøren 1910 og i The Post Office E. E. Journal 1910—11). Løsningen heri var meget simpel, ikke nøjagtig, men brugelig indtil videre; Direktør *J.* sørgede iøvrigt for, at en ny mere indgaaende Behandling af den ret vanskelige Opgave og andre dermed beslægtede blev foretaget. Baade i Danmark og i Udlandet var der nu vakt Interesse for Sagen, og Arbejde dermed kom i Gang. For de automatiske Centralers Vedkommende var det første betydelige Arbejde Afdelingsingeniør *Christensen's* (1913); det omhandler Beregningen af Vælgernes (eller Ledningernes) Antal i alle Dele eller Trin af et automatisk System, et Spørgsmaal som herved i det væsentlige blev opklaret, i hvert Fald for de Systemer, som paa den Tid var fremme. Ogsaa bør nævnes *Grinstead* i England, *Dr. Spiecker* i Tyskland. Af de senere Forfattere, hvis Arbejder vel er i frisk Minde, kan nævnes *Kontorchef Engset*, *Dr. R. Holm*, *Dr. Lely*. Af Matematikere, som ved deres Arbejder har forberedt Teorien, kan fremhæves to, af de ældre *Poisson* (1837, Recherches sur la probabilité etc.) og af de nyere Overingeniør, *Dr. J. L. W. V. Jensen* (en Afhandling i Acta Math. 1902, tilegnet Mindet om *N. H. Abel*).

Da jeg i det følgende desværre helt maa udelade Beviser for de angivne Resultater, maa jeg i saa Henseende henvise til mine trykte Arbejder (Nyt Tidsskr. f. Matem. 1909, Elektroteknikeren 1917, E. T. Z. og The Post Office E. E. Journ. 1918, Matem. Tidsskr. 1920). Man vil der ogsaa finde en Del flere numeriske Resultater, end jeg kan medtage her.

### 2. Om Kaldenes Fordeling i Tiden og om Samtalelængden.

a. Om Kaldenes Fordeling haves en meget vigtig Sætning. Lad  $y$  være det gennemsnitlige Antal Kald for et Tidsrum af en vis Længde, hvor stor er da Sandsynligheden for, at der i Virkeligheden falder 0, 1, 2 . . . . Kald? Man finder, at disse Sandsynligheder bliver henholdsvis

$$P_0 = e^{-y}, \quad P_1 = e^{-y} y, \quad P_2 = e^{-y} \frac{y^2}{2!} \dots,$$

eller i Almindelighed

$$P_x = e^{-y} \frac{y^x}{x!}.$$

Det er ofte bekvemt at vælge Tidsenheden saaledes, at Middelantallet af Kald for Tidsenheden er 1; herved kan bl. a. den nævnte Sætning udtrykkes lidt kortere, fordi  $y$  saa simpelthen er Længden af Tidsrummet. Denne Sætning er strengt rigtig, hvis Kaldene spredes eller strøs rent tilfældigt, det ene uafhængigt af det andet, over et meget stort Tidsrum, hvoraf det betragtede udgør en Del. Det kan bemærkes, at Sætningen i Praksis uden Betænkelighed kan anvendes paa Kaldene, men ikke paa Samtalerne, da disse principielt ikke er uafhængige af hinanden, men konkurrerende. Sætningen skyldes, matematisk set, *Poisson*; den er genfundet flere Gange senere, og den anvendes mere og mere i Telefonien, i Danmark saaledes fra 1909, i England fra 1907 (publiceret 1915), ligesom den ogsaa har vigtige Anvendelser paa helt andre Omraader.

Der haves Tabeller over Funktionen  $e^{-y} \frac{y^x}{x!}$ , i noget forskelligt Omfang, af *Bortkiewicz*, *K. Pearson*, *R. Holm*. Af en saadan Tabel kan man iøvrigt, ved successiv Addition, udlede en ny Tabel, nemlig over Størrelserne

$$P_0, \quad P_0 + P_1, \quad P_0 + P_1 + P_2, \quad \dots,$$

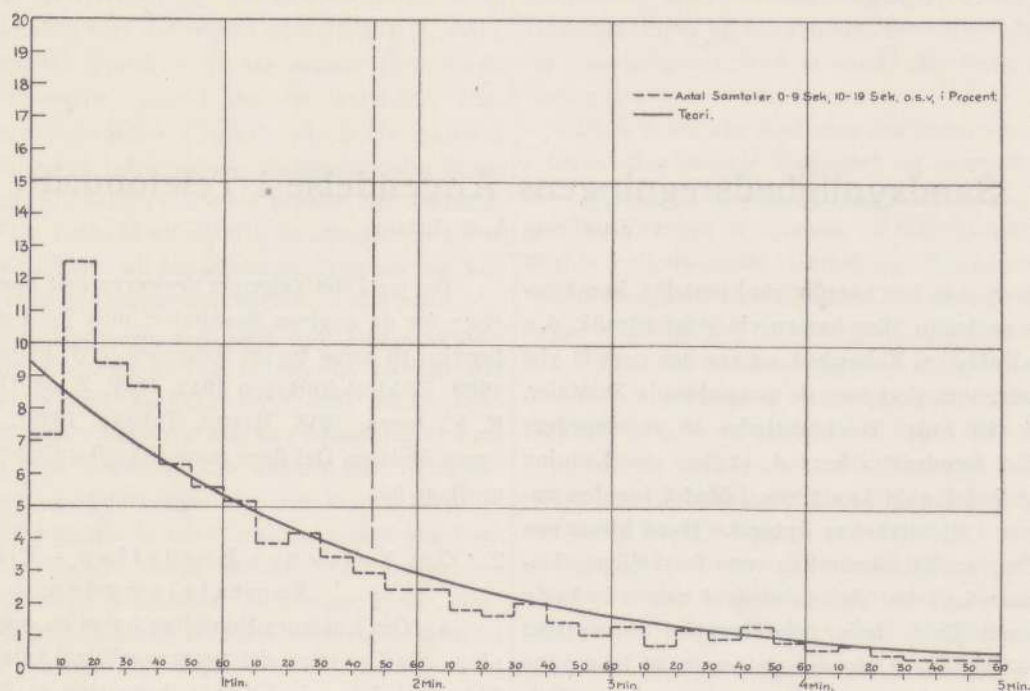
hvis Betydning er let at se.

b. Hvad nu angaar Samtalelængden, da har man vel i tidligere Tid som Regel regnet denne for at være konstant. Dette passer ret vel for Provinsamtaler, der



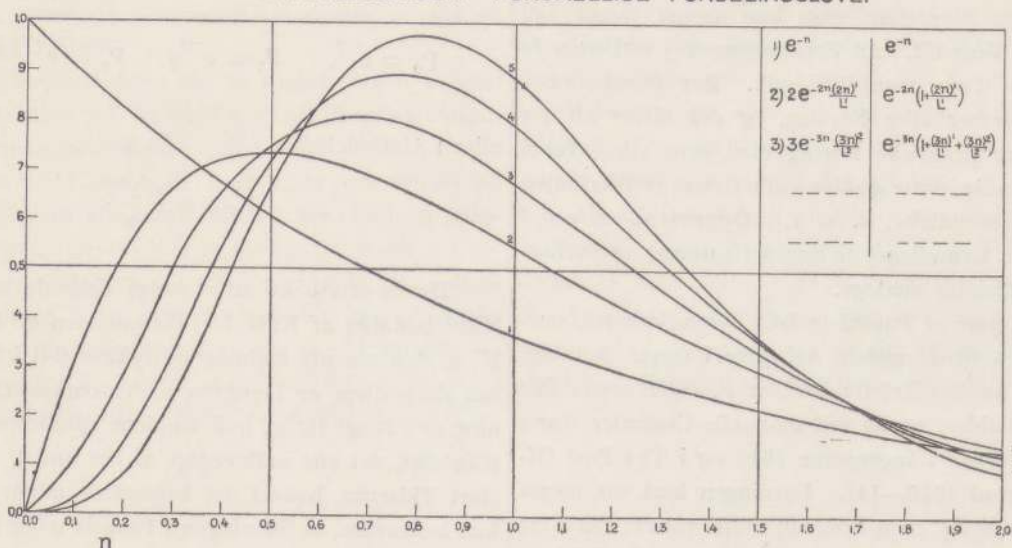
BILAG 1.

STATISTIK OVER LÆNGDEN AF 2461 SAMTALER H.C. 1916.



BILAG 2.

SAMTALELÆNGDEN: FORSKELLIGE FORDELINGSLOVE.



afskæres i en vis Længde; det passer ogsaa nogenlunde paa Telefonistindernes Samtaler med Abonnenterne (Ekspeditionerne), om end ikke paa alle Centraler. For den vigtigste Klasse af Samtaler, de sædvanlige indenbys, gælder med god Tilnærmelse Fordelingsloven

$$S = e^{-n}, \text{ hvoraf } S' = -e^{-n},$$

hvor S betyder Sandsynligheden for, at Længden n overskrides; som Tidsenhed tænkes herved benyttet Middel-længden. De to Ligninger udtrykker, at Sandsynligheden for en løbende Samtales nær forestaaende Ophør er uafhængig af den Tid, den allerede har været, en paa Forhaand ikke urimelig Antagelse. Hovedsagen er dog, at Erfaringen stemmer godt med Fordelingsloven; se Bilag 1, der indeholder Erfaringer fra Københavns Hovedcentral. Og-saa Dr. Lely's Resultater synes mig i Hovedsagen at stemme hermed. Vil man imidlertid, for alle Eventualiteters

Skyld, have et større Udvalg af Fordelingslove, kommer man paa naturlig Maade til en Række  $T_1, T_2, T_3, \dots$ , hvis Ligninger er anført i følgende Skema med Tilføjelse af den paagældende Værdi af Middelfvigelsen (Spredningen).

|       |                                                                |                                   |                      |
|-------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| $T_1$ | $S = e^{-n}$                                                   | $S' = -e^{-n}$                    | $\frac{1}{1}$        |
| $T_2$ | $S = e^{-2n} \left(1 + \frac{2n}{1}\right)$                    | $S' = -2e^{-2n} \frac{2n}{1}$     | $\frac{1}{\sqrt{2}}$ |
| $T_3$ | $S = e^{-3n} \left(1 + \frac{3n}{1} + \frac{(3n)^2}{2}\right)$ | $S' = -3e^{-3n} \frac{(3n)^2}{2}$ | $\frac{1}{\sqrt{3}}$ |
| ...   | .....                                                          | .....                             | .....                |
| ...   | .....                                                          | .....                             | .....                |

De to allerede omtalte Fordelingslove faar da Plads i Skemaet, den sidste som  $T_1$  for oven, den første som  $T_\infty$  for neden (Længden konstant, Spredningen 0); en Række Mellemtrin er indskudt mellem de 2 ekstreme Love;  $T_2$  er



## Formler vedrørende Tab ved Hindring eller Spærring.

$$B = \frac{\frac{y^x}{x}}{1 + \frac{y}{1} + \dots + \frac{y^x}{x}}$$

$$S_0 = \frac{1}{1 + \frac{y}{1} + \dots + \frac{y^x}{x}}$$

$$S_1 = \frac{y}{1 + \frac{y}{1} + \dots + \frac{y^x}{x}}$$

$$S_x = \frac{\frac{y^x}{x}}{1 + \frac{y}{1} + \dots + \frac{y^x}{x}}$$

$$B = \frac{P_x}{P_0 + P_1 + \dots + P_x}$$

$$P_0 = e^{-y}$$

$$P_1 = e^{-y} \frac{y}{1}$$

$$P_x = e^{-y} \frac{y^x}{x}$$

$$g_n = \frac{\binom{n-1}{0} + \binom{n-1}{1} \beta + \binom{n-1}{2} \beta^2 + \dots + \binom{n-1}{x} \beta^x}{\binom{n}{0} + \binom{n}{1} \beta + \binom{n}{2} \beta^2 + \dots + \binom{n}{x} \beta^x}$$

$$g_x = \frac{\binom{n}{0} + \binom{n}{1} \beta + \binom{n}{2} \beta^2 + \dots + \binom{n}{x-1} \beta^{x-1}}{\binom{n}{0} + \binom{n}{1} \beta + \binom{n}{2} \beta^2 + \dots + \binom{n}{x} \beta^x}$$

$$g_{n,x} = \frac{\binom{n-1}{0} + \binom{n-1}{1} \beta + \binom{n-1}{2} \beta^2 + \dots + \binom{n-1}{x-1} \beta^{x-1}}{\binom{n}{0} + \binom{n}{1} \beta + \binom{n}{2} \beta^2 + \dots + \binom{n}{x} \beta^x}$$

$$g_n - g_{n,x} = \frac{\binom{n-1}{x} \beta^x}{\binom{n}{0} + \binom{n}{1} \beta + \binom{n}{2} \beta^2 + \dots + \binom{n}{x} \beta^x}$$

$$g_n - g_{n,x} = \frac{\binom{n-1}{x} \beta^x}{\binom{n}{0} + \binom{n}{1} \beta + \binom{n}{2} \beta^2 + \dots + \binom{n}{x} \beta^x}$$

$$g_n - g_{n,x} = \frac{\binom{n-1}{x} \beta^x}{\binom{n-1}{0} + \binom{n-1}{1} \beta + \binom{n-1}{2} \beta^2 + \dots + \binom{n-1}{x} \beta^x}$$

$$B = \frac{T_0 P_0 + T_1 P_1 + \dots + T_x P_x}{N_0 P_0 + N_1 P_1 + \dots + N_x P_x}$$

| Index. | P.                           | N.                                                                                                                                                                             | T.                  |
|--------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 0      | $e^{-y}$                     | 1                                                                                                                                                                              | 0                   |
| 1      | $e^{-y} \frac{y}{1}$         | 1                                                                                                                                                                              | 0                   |
| 2      | $e^{-y} \frac{y^2}{2}$       | 1                                                                                                                                                                              | 0                   |
| ...    | ...                          | ...                                                                                                                                                                            | ...                 |
| k      | $e^{-y} \frac{y_k}{k}$       | 1                                                                                                                                                                              | $N_k - N_{k+1}$     |
| k+1    | $e^{-y} \frac{y^{k+1}}{k+1}$ | $1 - \frac{\binom{x}{x-k}}{\binom{x}{x-k}}$                                                                                                                                    | $N_{k+1} - N_{k+2}$ |
| k+2    | $e^{-y} \frac{y^{k+2}}{k+2}$ | $\left(1 - \frac{\binom{x}{x-k}}{\binom{x}{x-k}}\right) \left(1 - \frac{\binom{x+1}{x-k}}{\binom{x+1}{x-k}}\right)$                                                            | $N_{k+2} - N_{k+3}$ |
| k+3    | $e^{-y} \frac{y^{k+3}}{k+3}$ | $\left(1 - \frac{\binom{x}{x-k}}{\binom{x}{x-k}}\right) \left(1 - \frac{\binom{x+1}{x-k}}{\binom{x+1}{x-k}}\right) \left(1 - \frac{\binom{x+2}{x-k}}{\binom{x+2}{x-k}}\right)$ | $N_{k+3} - N_{k+4}$ |
| ...    | ...                          | ...                                                                                                                                                                            | ...                 |
| x      | $e^{-y} \frac{y_x}{x}$       | $\left(1 - \frac{\binom{x}{x-k}}{\binom{x}{x-k}}\right) \dots \left(1 - \frac{\binom{2x-k-1}{x-k}}{\binom{2x-k-1}{x-k}}\right)$                                                | $N_x$               |



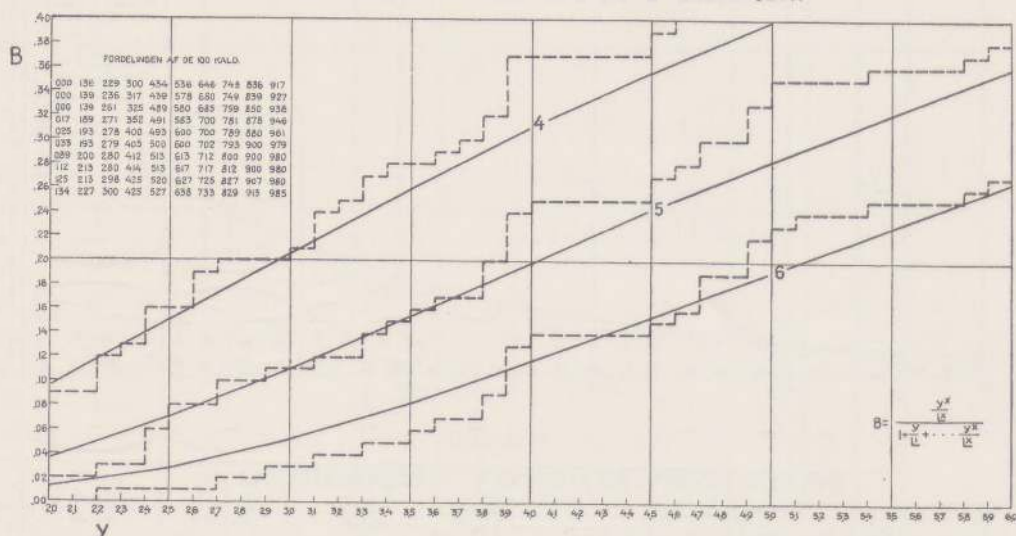
tidligere foreslaaet af *Lely*. Kurverne i Bilag 2 vil illustrere, hvad her er sagt.

Det kan bemærkes, at man ud fra disse forskellige Hypoteser eller Antagelser ved Løsningen af Opgaver i mange Tilfælde faar samme Resultat; i andre Tilfælde bliver der større eller mindre Forskel. For at undgaa Vidtløftighed vil man i Regelen, naar det gaar an, benytte enten  $T_1$  eller  $T_\infty$ , der er simplere end de andre, hver paa sin Maade.

Kald, kun eksisterende i Tanken, fordelte saa »tilfældigt« som muligt; jeg har fundet Tidspunkterne ved at tage de 3 sidste Cifre af de 100 7-cifrede Logaritmer log 1—log 100 og ordne de 100 fremkomne Tal efter Størrelsen. Man antager saa en vis Samtalelængde, hvorefter det er et Øjeblik Sag at undersøge, hvorledes det gaar de 100 Kald; man tager saa en anden Samtalelængde (d. e. et andet  $y$ ) o. s. v.

b. Den næste, noget sværere, Opgave, vi skal betrag-

BILAG 4.  
EKSPERIMENTER MED 4, 5 OG 6 LEDNINGER.



### 3. Om Hindring eller Spærring (»Systemer uden Venteindretning«).

a. Vi gaar ud fra, at man har  $x$  Ledninger mellem to Punkter A og B, og at Trafikintensiteten er  $y$ . Trafikintensiteten betyder Middelantallet af Kald der falder paa en Tid lig med Middel-Samtalelængden. I Stedet for  $y$  kan man ogsaa opgive Forholdet mellem  $y$  og  $x$ ; dette Forhold kaldes Ledningernes  $\alpha$  eller Okkupationen. Idet  $B$  betyder Sandsynligheden for Hindring eller Spærring, d. e. Sandsynligheden for at finde alle  $x$  Ledninger optagne, faar man:

$$B = \frac{\frac{y^x}{x!}}{1 + \frac{y}{1!} + \dots + \frac{y^x}{x!}}.$$

Man har forskellige Tilnærmelsesformler for denne Størrelse, der ofte kaldes Hindringsgraden. Den nøjagtige Formel er jo imidlertid meget simpel. Ved den praktiske Beregning kan man tilføje Faktoren  $e^{-y}$  overalt i Tæller og Nævner for at kunne benytte de i forrige Afsnit omtalte numeriske Tabeller. I Formelsamlingen, Bilag 3, findes tillige angivet Sandsynligheden for, at 0, 1, 2, .... Ledninger er optagne. Man kan vise, at disse Resultater og de følgende i dette Afsnit er uafhængige af Fordelingsloven for Samtalelængderne. Beviset føres ved Hjælp af Begrebet »statistisk Ligevægt«, som jeg ikke kan komme ind paa her; det samme gælder om næsten alle de følgende Sætninger. Paa Kurvebladet, Bilag 4, findes dels i grafisk Fremstilling B som Funktion af  $y$  for  $x = 4, 5, 6$ , dels til Sammenligning Resultater af Eksperimenter af en særlig Slags. Hertil benyttedes en Række af 100

te, er følgende. Vi har  $x$  Ledninger mellem to Punkter A og B og desuden  $n$  Ledninger, som forbinder A med  $n$  forskellige Punkter  $C_1, C_2, \dots, C_n$ . Trafikken foregaar mellem B og disse Punkter C over A; Intensiteten er  $\beta n$  ialt,  $\beta$  for hver af Vejene; det er i øvrigt ligegyldigt, om Ønsket om en Samtale udgaar fra den ene eller den anden Side. Man kan nu stille forskellige Spørgsmaal, men navnlig følgende tre: Hvad er Sandsynligheden  $g_n$  for, at der er Adgang for et Kald gennem en bestemt af de  $n$  Ledninger? Hvad er Sandsynligheden  $g_x$  for, at der er Adgang gennem 1 eller flere af de  $x$  samvirkende Ledninger? Hvad er Sandsynligheden  $g_{n,x}$  for, at der er Adgang helt igennem? Naar disse Sandsynligheder er fundne, kan man straks deraf udlede andre, saasom

$$g_n - g_{n,x} \quad \text{og} \quad \frac{g_n - g_{n,x}}{g_n},$$

hvis Betydning er let at se. (Se Formelsamlingen). Den omtalte Opgave er tidligere behandlet af *T. Engset*, men ved en tilnærmet Metode, hvorfor ogsaa de paagældende Resultater afviger lidt fra mine.

c. Systemer med Sammenfletning (ogsaa kaldet »Mischung und Staffellung«, »Grading and Interconnecting«). Disse Systemer spiller en stor Rolle for de automatiske Centraler, og Spørgsmaalet om, hvor meget man kan opnaa ad disse Veje, omfattes med stor Interesse f. Eks. baade i England, Amerika og Tyskland. Sagen er, at de automatiske Vælgere kun har et begrænset (som Regel ikke ret stort) Antal Kontakter og derfor kun giver Adgang til lige saa mange Ledninger. Lad os antage, at vi disponerer over  $x$  Led-



## BILAG 5.

Tabet, angivet i Tusindede, for  $x$  Ledninger, hvoraf vælges  $k$ .

| x =   | 5    |     | 10   |     |     | 15   |     |     |     | 20   |     |     |     |     | 25   |      |     |    |    | 30 |      |      |    |    |    |    | 18 |   |   |    |    |
|-------|------|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|----|----|----|------|------|----|----|----|----|----|---|---|----|----|
| k =   | 0    | 5   | 0    | 5   | 10  | 0    | 5   | 10  | 15  | 0    | 5   | 10  | 15  | 20  | 0    | 5    | 10  | 15 | 20 | 25 | 0    | 5    | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 0 | 5 | 10 | 15 |
| y = 0 |      |     |      |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 0,5   |      |     |      |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 1     |      | 3   |      |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 1,5   |      | 14  |      |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 2     |      | 37  |      |     | 0   |      |     |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 2,5   |      | 70  |      |     | 0   |      |     |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 3     |      | 110 |      |     | 1   |      | 1   |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 3,5   |      | 154 |      |     | 2   |      | 1   |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 4     |      | 199 |      |     | 5   |      | 3   |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 4,5   |      | 243 |      | 32  | 10  |      | 5   |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 5     | 1000 | 285 | 1000 | 47  | 18  | 1000 |     |     | 0   |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 5,5   |      | 324 |      | 64  | 29  |      |     |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    | 0  |
| 6     |      | 360 |      | 83  | 43  |      | 17  | 2   | 1   |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    | 0  |
| 6,5   |      | 394 |      | 104 | 60  |      |     |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    | 1  |
| 7     |      | 425 |      | 126 | 79  |      | 30  | 6   | 3   |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    | 1  |
| 7,5   |      | 453 |      | 149 | 100 |      |     |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    | 2  |
| 8     |      | 479 |      | 173 | 122 |      | 50  | 14  | 9   |      | 14  | 1   | 0   | 0   |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    | 3  |
| 8,5   |      | 503 |      | 196 | 145 |      |     |     |     |      | 19  | 2   | 1   | 0   |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    | 5  |
| 9     |      | 525 |      | 219 | 168 |      | 75  | 29  | 20  |      | 24  | 3   | 1   | 1   |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    | 7  |
| 9,5   |      | 545 |      | 242 | 191 |      |     |     |     |      | 30  | 5   | 2   | 1   |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    | 11 |
| 10    | 1000 | 564 | 1000 | 264 | 215 | 1000 | 103 | 48  | 36  | 1000 | 37  | 7   | 3   | 2   | 1000 | 14   | 1   | 0  |    |    | 1000 |      |    |    |    |    |    |   |   |    | 15 |
| 10,5  |      |     |      |     | 237 |      |     |     |     |      | 44  | 9   | 4   | 3   |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    | 20 |
| 11    |      |     |      |     | 260 |      | 133 | 74  | 59  |      | 52  | 13  | 6   | 5   |      | 21   | 1   | 0  | 0  |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    | 27 |
| 11,5  |      |     |      |     | 282 |      | 149 | 88  | 72  |      | 61  | 17  | 9   | 7   |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    | 34 |
| 12    |      |     |      |     | 302 |      | 164 | 102 | 86  |      | 70  | 23  | 12  | 10  |      | 30   | 3   | 1  | 1  | 0  |      | 13   | 0  |    |    |    |    |   |   |    | 43 |
| 12,5  |      |     |      |     | 328 |      | 180 | 118 | 100 |      | 80  | 29  | 17  | 14  |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 13    |      |     |      |     | 341 |      | 196 | 133 | 116 |      | 91  | 36  | 22  | 18  |      | 41   | 6   | 2  | 1  | 1  |      | 18   | 1  |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 13,5  |      |     |      |     | 360 |      | 211 | 149 | 132 |      | 102 | 44  | 28  | 24  |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 14    |      |     |      |     | 377 |      | 227 | 166 | 148 |      | 113 | 53  | 35  | 30  |      | 53   | 11  | 5  | 3  | 2  |      | 25   | 2  | 0  | 0  |    |    |   |   |    |    |
| 14,5  |      |     |      |     | 394 |      | 242 | 182 | 164 |      | 125 | 62  | 43  | 37  |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 15    |      |     |      |     | 410 | 1000 | 258 | 198 | 180 | 1000 | 136 | 72  | 52  | 46  | 1000 | 68   | 18  | 9  | 6  | 5  | 1000 | 33   | 4  | 1  | 0  | 0  | 0  |   |   |    |    |
| 15,5  |      |     |      |     |     |      | 272 | 214 | 197 |      |     | 82  | 62  | 55  |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 16    |      |     |      |     |     |      | 286 | 230 | 213 |      |     | 93  | 73  | 64  |      | 84   | 27  | 15 | 11 | 9  |      | 43   | 6  | 2  | 1  | 1  | 1  |   |   |    |    |
| 16,5  |      |     |      |     |     |      | 300 | 246 | 228 |      |     | 105 | 83  | 75  |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 17    |      |     |      |     |     |      | 314 | 260 | 224 |      |     | 117 | 94  | 86  |      | 101  | 39  | 23 | 18 | 16 |      | 54   | 10 | 4  | 2  | 2  | 1  |   |   |    |    |
| 17,5  |      |     |      |     |     |      | 326 | 275 | 259 |      |     | 129 | 106 | 97  |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 18    |      |     |      |     |     |      | 340 | 290 | 274 |      |     | 141 | 118 | 109 |      | 120  | 53  | 35 | 28 | 25 |      | 66   | 15 | 7  | 4  | 3  | 3  |   |   |    |    |
| 18,5  |      |     |      |     |     |      |     |     | 289 |      |     |     |     | 121 |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 19    |      |     |      |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     | 134 |      | 138  | 69  | 48 | 40 | 36 |      | 79   | 22 | 11 | 7  | 6  | 5  |   |   |    |    |
| 19,5  |      |     |      |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 20    |      |     |      |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     |     |      | 1000 | 158 | 86 | 64 | 54 | 50   | 1000 | 93 | 31 | 17 | 12 | 9  | 8 |   |    |    |
| 20,5  |      |     |      |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 21    |      |     |      |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 21,5  |      |     |      |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 22    |      |     |      |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 22,5  |      |     |      |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 23    |      |     |      |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 23,5  |      |     |      |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 24    |      |     |      |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 24,5  |      |     |      |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 25    |      |     |      |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 25,5  |      |     |      |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 26    |      |     |      |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 26,5  |      |     |      |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 27    |      |     |      |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 27,5  |      |     |      |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 28    |      |     |      |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 28,5  |      |     |      |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 29    |      |     |      |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 29,5  |      |     |      |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |
| 30    |      |     |      |     |     |      |     |     |     |      |     |     |     |     |      |      |     |    |    |    |      |      |    |    |    |    |    |   |   |    |    |



BILAG 6.

Formler vedrørende Ventetider.

(Hypotesen  $T_\infty$ )

|                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $x = 1$                | $S(<) = a_0 \cdot \bar{r}(0, -z)$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| $(z = yn = \alpha n)$  | $a_0 = 1 - \alpha \quad \left  \quad \bar{r}(0, -z) = e^z + e^{z-\alpha} \frac{(\alpha - z)^1}{1} + \dots$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                        | $M = \frac{\alpha^2}{2\alpha(1-\alpha)} = \frac{\alpha}{2(1-\alpha)}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| $x = 2$                | $S(<) = a_1 \cdot \bar{r}(0, -z) + a_0 \cdot \bar{r}(1, -z)$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| $(z = yn = 2\alpha n)$ | $\begin{cases} a_1 = 2(1-\alpha) \frac{\alpha}{\alpha-\beta} \\ a_0 = -2(1-\alpha) \frac{\beta}{\alpha-\beta} \end{cases} \quad \left  \quad \begin{aligned} \bar{r}(0, -z) &= e^z + e^{z-2\alpha} \frac{(2\alpha - z)^2}{2} + \dots \\ \bar{r}(1, -z) &= e^z \frac{z^1}{1} + e^{z-2\alpha} \frac{(2\alpha - z)^3}{3} + \dots \end{aligned}$                                                                                                                                                                                                                    |
|                        | $\beta e^{-\beta} = -\alpha e^{-\alpha}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                        | $M = \frac{1}{2(\alpha-\beta)} + \frac{2\alpha^2-1}{4\alpha(1-\alpha)}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| $x = 3$                | $S(<) = a_2 \cdot \bar{r}(0, -z) + a_1 \cdot \bar{r}(1, -z) + a_0 \cdot \bar{r}(2, -z)$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| $(z = yn = 3\alpha n)$ | $\begin{cases} a_2 = 3(1-\alpha) \frac{\alpha^2}{(\alpha-\beta)(\alpha-\gamma)} \\ a_1 = -3(1-\alpha) \frac{\alpha(\beta+\gamma)}{(\alpha-\beta)(\alpha-\gamma)} \\ a_0 = 3(1-\alpha) \frac{\beta\gamma}{(\alpha-\beta)(\alpha-\gamma)} \end{cases} \quad \left  \quad \begin{aligned} \bar{r}(0, -z) &= e^z + e^{z-3\alpha} \frac{(3\alpha - z)^3}{3} + \dots \\ \bar{r}(1, -z) &= e^z \frac{z^1}{1} + e^{z-3\alpha} \frac{(3\alpha - z)^4}{4} + \dots \\ \bar{r}(2, -z) &= e^z \frac{z^2}{2} + e^{z-3\alpha} \frac{(3\alpha - z)^5}{5} + \dots \end{aligned}$ |
|                        | $\begin{cases} \beta e^{-\beta} = \alpha e^{-\alpha} \cdot k \\ \gamma e^{-\gamma} = \alpha e^{-\alpha} \cdot k^2 \end{cases}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                        | $k = \sqrt[3]{1}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                        | $M = \frac{1}{3(\alpha-\beta)} + \frac{1}{3(\alpha-\gamma)} + \frac{3\alpha^2-2}{6\alpha(1-\alpha)}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

(Hypotesen  $T_1$ )

|         |                                               |                |                                                                                                                                           |
|---------|-----------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $x = 1$ | $S(>) = c \cdot e^{-(1-y)n}$                  | $x = 3$        | $S(>) = c \cdot e^{-(3-y)n}$                                                                                                              |
|         | $c = y$                                       |                | $\frac{y^3}{6}$                                                                                                                           |
|         | $M = \frac{c}{1-y} = \frac{\alpha}{1-\alpha}$ |                | $c = \frac{2}{1 + \frac{2}{3}y + \frac{y^2}{6}}$                                                                                          |
|         |                                               |                | $M = \frac{c}{3-y}$                                                                                                                       |
| $x = 2$ | $S(>) = c \cdot e^{-(2-y)n}$                  | $x$ vilkaarlig | $S(>) = c \cdot e^{-(x-y)n}$                                                                                                              |
|         | $\frac{y^2}{2}$                               |                | $\frac{y^x}{x}$                                                                                                                           |
|         | $c = \frac{2}{1 + \frac{y}{2}}$               |                | $c = \frac{\frac{y^x}{x}}{\left(1 + \dots + \frac{y^x}{x}\right) - \frac{y}{x} \left(1 + \dots + \frac{y^{x-1}}{x-1}\right)}$             |
|         | $M = \frac{c}{2-y}$                           |                | $\frac{y^x}{x}$                                                                                                                           |
|         |                                               |                | eller $c = \frac{\frac{y^x}{x}}{\left(1 + \dots + \frac{y^{x-1}}{x-1}\right) - \frac{y}{x} \left(1 + \dots + \frac{y^{x-2}}{x-2}\right)}$ |
|         |                                               |                | $M = \frac{c}{x-y}$                                                                                                                       |

Tillæg. Flere forskellige Hypoteser (kun for  $x = 1$ )

| $T_1$                                                                     | $T_2$                                                                                                   | $T_3$                                                                                                                                                                                                               | $T_\infty$                                      |
|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| $u = \alpha$                                                              | $u = \frac{1}{2}\alpha$                                                                                 | $u = \frac{1}{3}\alpha$                                                                                                                                                                                             | Se ovenfor                                      |
| $r - u = 0$                                                               | $r^2 - ur - u = 0$                                                                                      | $r^3 - ur^2 - ur - u = 0$                                                                                                                                                                                           |                                                 |
| $c_1 = 1 - \alpha$                                                        | $\begin{cases} c_1 + c_2 = 1 - \alpha \\ c_1 r_1 + c_2 r_2 = \frac{1}{2}\alpha(1 - \alpha) \end{cases}$ | $\begin{cases} c_1 + c_2 + c_3 = 1 - \alpha \\ c_1 r_1 + c_2 r_2 + c_3 r_3 = \frac{1}{3}\alpha(1 - \alpha) \\ c_1 r_1^2 + c_2 r_2^2 + c_3 r_3^2 = \frac{1}{3}\alpha(1 - \alpha)(1 + \frac{1}{3}\alpha) \end{cases}$ |                                                 |
| $S = \frac{c_1 r_1}{1-r_1} e^{(r_1-1)n}$                                  | $S = \frac{c_1 r_1}{1-r_1} e^{2(r_1-1)n} + \frac{c_2 r_2}{1-r_2} e^{2(r_2-1)n}$                         | $S = \frac{c_1 r_1}{1-r_1} e^{3(r_1-1)n} + \frac{c_2 r_2}{1-r_2} e^{3(r_2-1)n} + \frac{c_3 r_3}{1-r_3} e^{3(r_3-1)n}$                                                                                               | $M = \frac{1}{2} \cdot \frac{\alpha}{1-\alpha}$ |
| $= \alpha e^{-(1-\alpha)n}$                                               |                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                     |                                                 |
| $M = \frac{2}{2} \cdot \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{\alpha}{1-\alpha}$ | $M = \frac{3}{4} \cdot \frac{\alpha}{1-\alpha}$                                                         | $M = \frac{4}{6} \cdot \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha}{1-\alpha}$                                                                                                                         |                                                 |



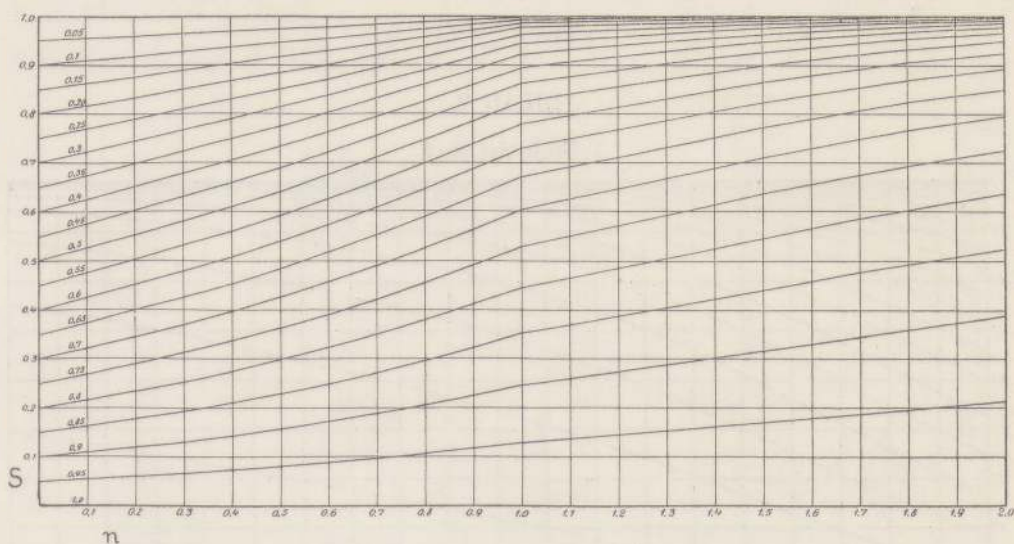
ninger i alt, men at Vælgerne kun har  $k$  Kontakter; der vil da i hvert enkelt Tilfælde blandt de  $x$  Ledninger kun være  $k$ , som bliver gennemgaaede og prøvede, om nogen af dem skulde være ledig. Man har nu længe vidst, at det ikke er heldigt at fordele Ledningerne i et Antal helt adskilte Grupper,  $k$  i hver, og dele den samlede Trafik  $y$  mellem dem. En anden Metode bestaar i at dele Ledningerne i et Antal Særgrupper og en Fællesgruppe; den sidste bruges kun, naar den paagældende Særgruppe er gennemløbet og har været helt optaget. Man kan ogsaa anvende en Kredsforskydning (Revolving); Trafikken deles i  $x$  Dele, hvoraf den første gennemløber Ledningerne Nr. 1, 2, 3 ....  $k$ , den anden Nr. 2, 3, 4 ....  $(k+1)$ , o. s. v. helt rundt. Herved bliver alle Ledningerne brugt lige me-

#### 4. Ventetider.

a) Vi antager foreløbig, at Samtalelængden er konstant (»Hypotesen  $T_{\infty}$ «). Ledningsantallet kaldes  $x$ , og Trafikintensiteten  $y$ ; man maa her have  $y < x$ . Det gælder nu først og fremmest om at bestemme  $S(>)$ , Sandsynligheden for, at Ventetiden overskrider en vis Størrelse; eller  $S(<)$ , Sandsynligheden for, at Ventetiden er under en vis Størrelse. Denne sidste betegnes  $n$ , naar man som Tidsenhed benytter Samtalelængden, men  $z$ , naar man benytter det Tidsrum, hvori der gennemsnitligt falder 1 Kald. Vi foretrækker her at benytte Samtalelængden; iøvrigt har man Relationen  $z = y \cdot n$ . — De fornødne Formler findes nu i Formelsamlingen Bilag 6; nogle af de endelige Resultater findes i grafisk Form paa Bilag 7—8—9.

#### BILAG 7.

Ventetider  $x=1$ .



get. Denne Metode er dog endnu ikke den bedst mulige, d. e. den, der giver Trafikken de bedste Vilkaar for at komme frem. Den ideale Metode bestaar i, at de  $k$  Ledninger udvælges paa alle mulige Maader, altsaa ikke alene paa de nys omtalte  $x$  Maader, og endvidere at de gennemløbes ikke alene i en bestemt Orden, men i en vilkaarlig Rækkefølge; hertil kræves naturligvis, at Trafikken deles i et stort Antal Dele. Under disse Forudsætninger kommer man til Formlerne i Bilag 4 og de numeriske Resultater (for  $x = 5, 10, 15, 20 \dots$ ,  $k = 5, 10, 15, 20 \dots$ ) i Bilag 5; kun nogle faa af disse Talværdier har tidligere været publicerede. Til Lettelse af Regnearbejdet angives her endnu et Par Tilnærmelsesformler, der ofte kan erstatte de nøjagtige Formler, men dog maa benyttes med Forsigtighed:

$$B = \left(\frac{y}{x}\right)^k \dots \text{(for } y \text{ og } x \text{ store)}$$

$$B = y^k \frac{x-k}{x} = e^{-y} \cdot \frac{y^x}{x}; \left(e^{-y} \frac{y^{x-k}}{x-k}\right) \dots \text{(for } y \text{ lille).}$$

Det kan endnu bemærkes, at der formodentlig er flere Anordninger, som afviger mere eller mindre fra den omtalte ideale, og dog giver næsten lige saa gode Resultater; men noget nærmere herom kan ikke siges for Tiden.

Hertil maa dog føjes lidt Forklaring: Grundlaget for den numeriske Beregning er en Tabel over den allerede ofte omtalte Poisson'ske Funktion

$$e^{-y} \frac{y^x}{x!},$$

denne Gang beregnet for negative Værdier af den variable  $y$ ; Hovedparten af Arbejdet bestaar nemlig i at beregne Rækker af følgende Udseende:

$$\bar{r}(0, -z) = e^z + e^{z-\alpha} \frac{(\alpha-z)^1}{1} + e^{z-2\alpha} \frac{(2\alpha-z)^2}{2} + \dots$$

for  $x = 1$ , eller

$$\bar{r}(0, -z) = e^z + e^{z-2\alpha} \frac{(2\alpha-z)^3}{2} + e^{z-4\alpha} \frac{(4\alpha-z)^4}{4} + \dots$$

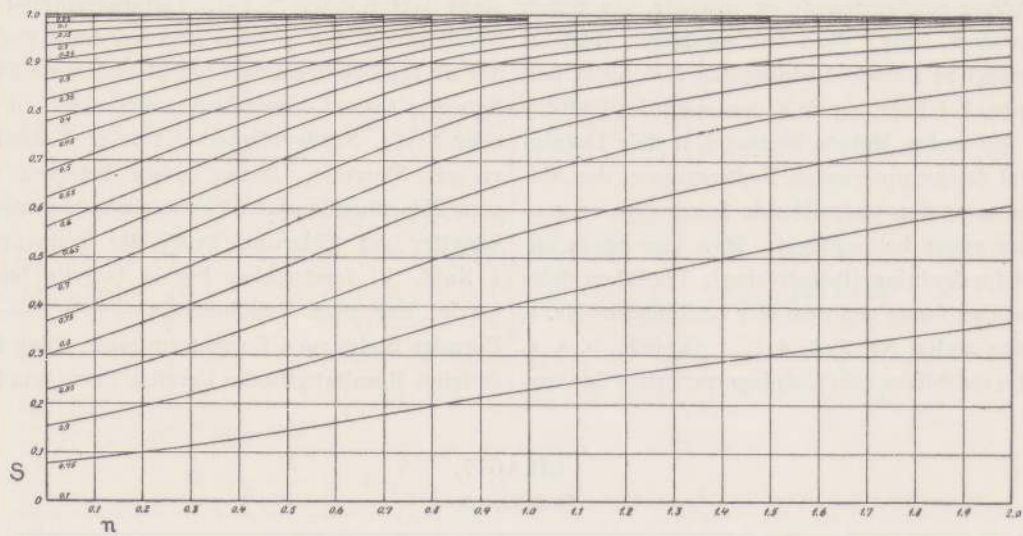
$$\bar{r}(1, -z) = e^z \frac{z^1}{1} + e^{z-2\alpha} \frac{(2\alpha-z)^3}{3} + e^{z-4\alpha} \frac{(4\alpha-z)^5}{5} + \dots$$

for  $x = 2$  o. s. v. Det ses let, at alle Leddene i disse Rækker er Eksempler paa Poisson's Funktion og kan findes i den lige omtalte Tabel; det bemærkes udtrykkeligt, at disse Rækker ikke skal forstås som uendelige, men kun gaar saa langt, som Tabellen rækker. Hvor mange



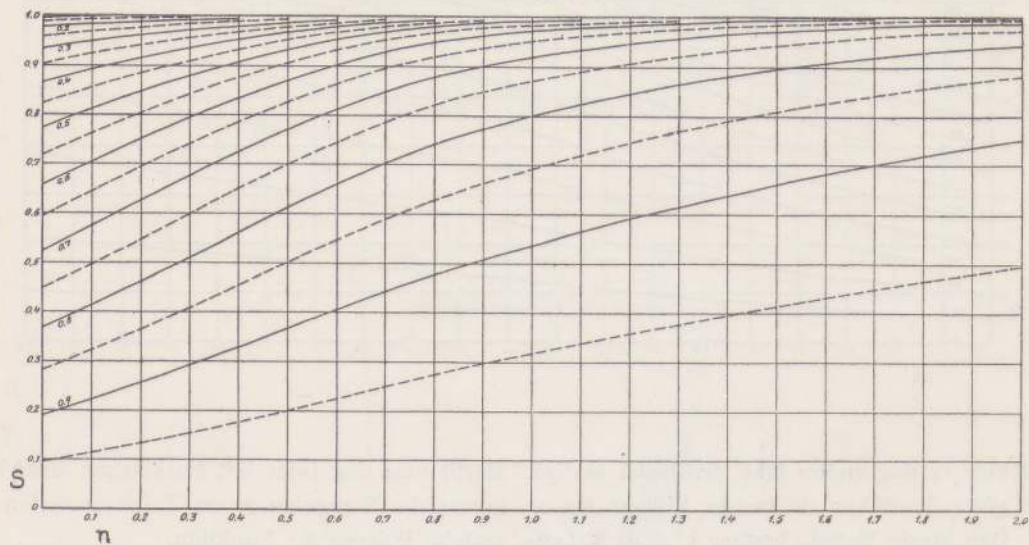
BILAG 8.

Ventetider,  $\alpha = 2$ .



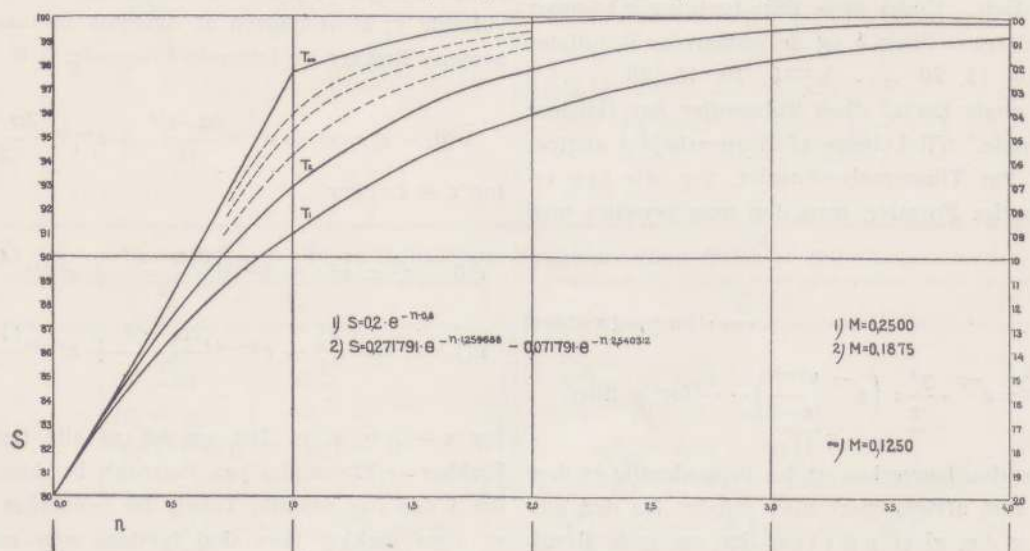
BILAG 9.

Ventetider,  $\alpha = 3$ .



BILAG 10.

VENTETIDER,  $X = 1$ , HYPOTESER  $T_1, T_2, \dots, T_m$ .





|                                                  | x = 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | x = 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | x = 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| V = 0<br>(Fuld-<br>stændig<br>Bort-<br>kastning) | $\frac{(1)}{(0)} = \alpha + \beta$<br>$(0) + (1) = 1$<br>$S = 0$<br>$M = 0$<br>$B = (1)$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | $\frac{(1)}{(0)} = 2\alpha + 2\beta; \frac{(2)}{(1)} = (2\alpha + \beta) : 2$<br>$(0) + (1) + (2) = 1$<br>$S = 0$<br>$M = 0$<br>$B = (2)$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | $\frac{(1)}{(0)} = 3\alpha + 3\beta; \frac{(2)}{(1)} = (3\alpha + 2\beta) : 2; \frac{(3)}{(2)} = (3\alpha + \beta) : 3$<br>$(0) + (1) + (2) + (3) = 1$<br>$S = 0$<br>$M = 0$<br>$B = (3)$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| V = 1<br>(Regulær<br>Bort-<br>kastning)          | $\frac{(1)}{(0)} = \alpha + \beta; \frac{(2)}{(1)} = \alpha$<br>$(0) + (1) + (2) = 1$<br>$S = (1) \cdot e^{-n}$<br>$M = (1)$<br>$B = (2)$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | $\frac{(1)}{(0)} = 2\alpha + 2\beta; \frac{(2)}{(1)} = (2\alpha + \beta) : 2; \frac{(3)}{(2)} = \alpha$<br>$(0) + (1) + (2) + (3) = 1$<br>$S = (2) \cdot e^{-2n}$<br>$M = (2) \cdot \frac{1}{2}$<br>$B = (3)$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | $\frac{(1)}{(0)} = 3\alpha + 3\beta; \frac{(2)}{(1)} = (3\alpha + 2\beta) : 2; \frac{(3)}{(2)} = (3\alpha + \beta) : 3; \frac{(4)}{(3)} = \alpha$<br>$(0) + (1) + (2) + (3) + (4) = 1$<br>$S = (3) \cdot e^{-3n}$<br>$M = (3) \cdot \frac{1}{3}$<br>$B = (4)$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| V = 2<br>(Reduce-<br>ret Bort-<br>kastning)      | $\frac{(1)}{(0)} = \alpha + \beta; \frac{(2)}{(1)} = \alpha; \frac{(3)}{(2)} = \alpha$<br>$(0) + (1) + (2) + (3) = 1$<br>$S = (1) \cdot e^{-n} + (2) \cdot e^{-n} \cdot \left(1 + \frac{n}{1}\right)$<br>$M = (1) \cdot 1 + (2) \cdot 2$<br>$B = (3)$                                                                                                                                                                                                                                                                 | $\frac{(1)}{(0)} = 2\alpha + 2\beta; \frac{(2)}{(1)} = (2\alpha + \beta) : 2; \frac{(3)}{(2)} = \alpha; \frac{(4)}{(3)} = \alpha$<br>$(0) + (1) + (2) + (3) + (4) = 1$<br>$S = (2) \cdot e^{-2n} + (3) \cdot e^{-2n} \cdot \left(1 + \frac{2n}{1}\right)$<br>$M = (2) \cdot \frac{1}{2} + (3) \cdot \frac{2}{2}$<br>$B = (4)$                                                                                                                                                                                                                                                                        | $\frac{(1)}{(0)} = 3\alpha + 3\beta; \frac{(2)}{(1)} = (3\alpha + 2\beta) : 2; \frac{(3)}{(2)} = (3\alpha + \beta) : 3; \frac{(4)}{(3)} = \alpha; \frac{(5)}{(4)} = \alpha$<br>$(0) + (1) + (2) + (3) + (4) + (5) = 1$<br>$S = (3) \cdot e^{-3n} + (4) \cdot e^{-3n} \cdot \left(1 + \frac{3n}{1}\right)$<br>$M = (3) \cdot \frac{1}{3} + (4) \cdot \frac{2}{3}$<br>$B = (5)$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| V = 3<br>(Ekstra<br>Reduk-<br>tion)              | $\frac{(1)}{(0)} = \alpha + \beta; \frac{(2)}{(1)} = \alpha; \frac{(3)}{(2)} = \alpha; \frac{(4)}{(3)} = \alpha$<br>$(0) + (1) + (2) + (3) + (4) = 1$<br>$S = (1) \cdot e^{-n} + (2) \cdot e^{-n} \cdot \left(1 + \frac{n}{1}\right) + (3) \cdot e^{-n} \cdot \left(1 + \frac{n}{1} + \frac{n^2}{2}\right)$<br>$M = (1) \cdot 1 + (2) \cdot 2 + (3) \cdot 3$<br>$B = (4)$                                                                                                                                             | $\frac{(1)}{(0)} = 2\alpha + 2\beta; \frac{(2)}{(1)} = (2\alpha + \beta) : 2; \frac{(3)}{(2)} = \alpha; \frac{(4)}{(3)} = \alpha; \frac{(5)}{(4)} = \alpha$<br>$(0) + (1) + (2) + (3) + (4) + (5) = 1$<br>$S = (2) \cdot e^{-2n} + (3) \cdot e^{-2n} \cdot \left(1 + \frac{2n}{1}\right) + (4) \cdot e^{-2n} \cdot \left(1 + \frac{2n}{1} + \frac{(2n)^2}{2}\right)$<br>$M = (2) \cdot \frac{1}{2} + (3) \cdot \frac{2}{2} + (4) \cdot \frac{3}{2}$<br>$B = (5)$                                                                                                                                     | $\frac{(1)}{(0)} = 3\alpha + 3\beta; \frac{(2)}{(1)} = (3\alpha + 2\beta) : 2; \frac{(3)}{(2)} = (3\alpha + \beta) : 3; \frac{(4)}{(3)} = \alpha; \frac{(5)}{(4)} = \alpha; \frac{(6)}{(5)} = \alpha$<br>$(0) + (1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6) = 1$<br>$S = (3) \cdot e^{-3n} + (4) \cdot e^{-3n} \cdot \left(1 + \frac{3n}{1}\right) + (5) \cdot e^{-3n} \cdot \left(1 + \frac{3n}{1} + \frac{(3n)^2}{2}\right)$<br>$M = (3) \cdot \frac{1}{3} + (4) \cdot \frac{2}{3} + (5) \cdot \frac{3}{3}$<br>$B = (6)$                                                                                                                                                                                       |
| V = ∞<br>(Ingen<br>Bort-<br>kastning)            | $\frac{(1)}{(0)} = \alpha; \frac{(2)}{(1)} = \alpha; \frac{(3)}{(2)} = \alpha \dots$<br>$(0) + (1) + (2) + (3) + \dots = 1$<br>$S = (1) \cdot e^{-n} + (2) \cdot e^{-n} \cdot \left(1 + \frac{n}{1}\right) + (3) \cdot e^{-n} \cdot \left(1 + \frac{n}{1} + \frac{n^2}{2}\right) + \dots$<br>eller $S = \frac{(1)}{1 - \alpha} \cdot e^{-n(1-\alpha)} = \alpha \cdot e^{-n(1-\alpha)}$<br>$M = (1) \cdot 1 + (2) \cdot 2 + (3) \cdot 3 + \dots$<br>eller $M = \frac{(1)}{(1 - \alpha)^2} = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$ | $\frac{(1)}{(0)} = 2\alpha; \frac{(2)}{(1)} = 2\alpha : 2; \frac{(3)}{(2)} = \alpha \dots$<br>$(0) + (1) + (2) + \dots = 1$<br>$S = (2) \cdot e^{-2n} + (3) \cdot e^{-2n} \cdot \left(1 + \frac{2n}{1}\right) + (4) \cdot e^{-2n} \cdot \left(1 + \frac{2n}{1} + \frac{(2n)^2}{2}\right) + \dots$<br>eller $S = \frac{(2)}{1 - \alpha} \cdot e^{-2n(1-\alpha)} = \frac{2\alpha^2}{1 + \alpha} \cdot e^{-2n(1-\alpha)}$<br>$M = (2) \cdot \frac{1}{2} + (3) \cdot \frac{2}{2} + (4) \cdot \frac{3}{2} + \dots$<br>eller $M = \frac{(2)}{2(1 - \alpha)^2} = \frac{\alpha^2}{(1 + \alpha)(1 - \alpha)}$ | $\frac{(1)}{(0)} = 3\alpha; \frac{(2)}{(1)} = 3\alpha : 2; \frac{(3)}{(2)} = 3\alpha : 3; \frac{(4)}{(3)} = \alpha \dots$<br>$(0) + (1) + (2) + \dots = 1$<br>$S = (3) \cdot e^{-3n} + (4) \cdot e^{-3n} \cdot \left(1 + \frac{3n}{1}\right) + (5) \cdot e^{-3n} \cdot \left(1 + \frac{3n}{1} + \frac{(3n)^2}{2}\right) + \dots$<br>eller $S = \frac{(3)}{1 - \alpha} \cdot e^{-3n(1-\alpha)} = \frac{\frac{3}{2}\alpha^3}{1 + 2\alpha + \frac{3}{2}\alpha^2} \cdot e^{-3n(1-\alpha)}$<br>$M = (3) \cdot \frac{1}{3} + (4) \cdot \frac{2}{3} + (5) \cdot \frac{3}{3} + \dots$<br>eller $M = \frac{(3)}{3(1 - \alpha)^2} = \frac{\frac{3\alpha^3}{2}}{(1 + 2\alpha + \frac{3\alpha^2}{2})(1 - \alpha)}$ |

$$\beta = B \cdot \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$



Led der kommer vil iøvrigt afhænge af  $z$ , eller om man vil  $n$ , og Overgangen finder Sted for

$$n = 0, 1, 2, 3 \dots$$

Heraf kommer det, at f. Eks. Kurverne paa Bilag 7 viser et Knæk for  $n=1$ .

Man vil bemærke de ny og simple Formler for Middel-Ventetiden; de skyldes Samarbejde mellem cand. mag. H. C. Nybølle og mig.

b) Vi forlader nu Hypotesen  $T_\infty$  og gaar over til det andet Hovedtilfælde  $T_1$ . Formlerne er her simplere, Kurverne mere jævne, alle Beregningerne lettere. Hvad Resultaterne angaar, da vil man finde en Del Afvigelser, naar man sammenligner med før omtalte; det kan saaledes anføres, at Middelventetiden bliver 2 Gange større for  $x=1$ , fra  $1\frac{1}{2}$  til 2 Gange større for  $x=2$ , fra  $1\frac{1}{3}$  til 2 Gange større for  $x=3$ ; saaledes at forstaa, at de smaa Tal stadig svarer til  $y$  lille, de store til  $y$  stor.

c) Endelig er der medtaget nogle Formler, som viser, dog kun for  $x=1$ , hvorledes det gaar, naar man begynder med  $T_1$ , derefter tager  $T_2$  o. s. v. og til aller-sidst  $T_\infty$ . Kurvebladet Bilag 10 giver et Begreb om Resultaterne af Formlerne, naar man eksempelvis tager  $\alpha=0,2$ .

#### 5. Blandede eller sammensatte Opgaver.

a) Vi har hidtil omtalt to Hovedopgaver, svarende til de to forskellige Maader, man kan indrette sig paa, enten saaledes, at ethvert Kald resulterer i en Samtale, i nogle Tilfælde efter en Ventetid, eller saaledes, at de, der ikke kan ekspederes straks, bliver helf afvist og altsaa er spildt. Eksempler paa begge Dele er jo almindelige nok. Det kan nu være af Interesse at prøve paa at sammenligne eller afveje mod hinanden de Ubehageligheder, der følger med hver af de to Fremgangsmaader, naar samme Ledningsantal og samme Trafik forudsættes. Dette støder dog paa den Vanskelighed, at en Ventetid og en Afvisning er uensartede Størrelser. Man kan dog faa noget at vide ved at danne en Tabel over Forholdet mellem Middelventetiden i det ene System og »Tabel« i det andet. Man vil da se, at dette Forhold vokser med Trafikintensiteten; det vil sige, at det ene System (med Ventetider) har For-trinet ved svagere Trafik, det andet ved stærkere Trafik. Dette vilde man vel ogsaa paa Forhaand skønne.

b) Paa en større Telefoncentral med mange Damer vil saa at sige altid enkelte af Damerne være ledige, naar et Kald ankommer, og Ekspeditionen kunde altsaa for saa vidt godt blive udført øjeblikkeligt, hvis man kunde opnaa et fuldkomment Samarbejde eller Arbejdsfordeling mellem Telefonistinderne. I en noget ældre Tid kendte man ikke anden Form herfor end Hjælpen mellem Naboerne, som iøvrigt ikke maa agtes ringe; den kan (for Nemheds Skyld) omtrentlig beskrives saaledes, at der er en Række smaa Grupper ( $x=3$  eller  $x=2$ ), inden for hvilke der er Samarbejde. I nyere Tid kan man, endda paa forskellige Maader naa meget vidt i Retning af, at ethvert Kald henvises til en Plads, hvor der ikke er travlt i Øjeblikket, hvorved Begrebet »Travlhed« kan bestemmes noget forskelligt. Man bør ikke gaa alt for vidt eller stille alt for store Fordringer, da der saa let gaar en ikke ube-

tydelig Tid med selve Fordelingen, selv om denne udføres mere eller mindre automatisk. Lad os som Eksempel tage Systemet paa Hovedcentralen i København. Her er benyttet to forskellige Midler til at fordele Trafikken. For det første kan Damerne hjælpe hinanden i Egenskab af Naboer, som ovenfor omtalt. Men desuden er Damerne i Stand til at bortkaste ethvert ubelejligt Kald; dette foregaar med Haanden og samtidig med den egentlige Ekspedition; en automatisk Søger vil da dirigere Kaldet hen til en ledig Dame. Bortkastningen bør ikke overdrives, og der gælder i Praksis den Regel, at naar den paagældende lille Gruppe af Naboer er helt optaget, og desuden

#### BILAG 12.

##### Formler vedrørende automatisk Fordeling ( $T_1$ ; store Grupper).

|                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $v_1=v_2=\dots=0$<br>(Fuldstændig Bortkastning) | $\begin{aligned} (1) &= \alpha_1 \\ (0) &= \alpha_1 \\ (0) + (1) &= 1 \\ S &= 0 \\ M &= 0 \\ \frac{\alpha_1}{1 + \alpha_1} &= \alpha \end{aligned}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| $v_1=v_2=\dots=1$                               | $\begin{aligned} (1) &= \alpha_1 \quad (2) = \alpha_1 \\ (0) &= \alpha_1 \quad (1) = \alpha_1 \\ (0) + (1) + (2) &= 1 \\ S &= \frac{\alpha_1}{1 + \alpha_1} \cdot e^{-n} \\ M &= \frac{\alpha_1}{1 + \alpha_1} \\ \frac{\alpha_1 + \alpha_1^2}{1 + \alpha_1 + \alpha_1^2} &= \alpha \end{aligned}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| $v_1=v_2=\dots=2$                               | $\begin{aligned} (1) &= \alpha_1 \quad (2) = \alpha_1 \quad (3) = \alpha_1 \\ (0) &= \alpha_1 \quad (1) = \alpha_1 \quad (2) = \alpha_1 \\ (0) + (1) + (2) + (3) &= 1 \\ S &= \frac{\alpha_1 \cdot e^{-n} + \alpha_1^2 \cdot e^{-n} (1 + n)}{1 + \alpha_1 + \alpha_1^2} \\ M &= \frac{\alpha_1 + 2\alpha_1^2}{1 + \alpha_1 + \alpha_1^2} \\ \frac{\alpha_1 + \alpha_1^2 + \alpha_1^3}{1 + \alpha_1 + \alpha_1^2 + \alpha_1^3} &= \alpha \end{aligned}$                                                                                                                                                                                |
| $v_1=v_2=\dots=3$                               | $\begin{aligned} (1) &= \alpha_1 \quad (2) = \alpha_1 \quad (3) = \alpha_1 \quad (4) = \alpha_1 \\ (0) &= \alpha_1 \quad (1) = \alpha_1 \quad (2) = \alpha_1 \quad (3) = \alpha_1 \\ (0) + (1) + (2) + (3) + (4) &= 1 \\ S &= \frac{\alpha_1 \cdot e^{-n} + \alpha_1^2 \cdot e^{-n} (1 + n) + \alpha_1^3 \cdot e^{-n} \left(1 + n + \frac{n^2}{2}\right)}{1 + \alpha_1 + \alpha_1^2 + \alpha_1^3} \\ M &= \frac{\alpha_1 + 2\alpha_1^2 + 3\alpha_1^3}{1 + \alpha_1 + \alpha_1^2 + \alpha_1^3} \\ \frac{\alpha_1 + \alpha_1^2 + \alpha_1^3 + \alpha_1^4}{1 + \alpha_1 + \alpha_1^2 + \alpha_1^3 + \alpha_1^4} &= \alpha \end{aligned}$ |
| $v_1=[\dots]=\infty$<br>(Ingen Bortkastning).   | $\begin{aligned} (1) &= \alpha \quad (2) = \alpha \dots \\ (0) &= \alpha \quad (1) = \alpha \dots \\ (0) + (1) + \dots &= 1 \\ S &= \alpha \cdot e^{-(1-\alpha)n} \\ M &= \frac{\alpha}{1 - \alpha} \\ \alpha_1 &= \alpha \end{aligned}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |



1 Kald venter, skal et nyt ankomende Kald bortkastes. Denne Regel kan vi betegne ved  $V = 1$ ; andre Regler kan naturligvis tænkes. Vi anvender iøvrigt følgende Betegnelser: Antallet af Kald pr. Telefonistinde og Tidsenhed er  $a$ . Som Tidsenhed anvendes Middel-Ekspeditionstiden, og vi regner med Fordelingsloven  $T_1$ . Antallet af direkte samvirkende Telefonistinder er  $x$  (hvor  $x = 1, 2$  eller  $3$ ). Maksimaltallet af ventende Kald er  $V$ . Det var det givne. Sandsynligheden for Bortkastning kaldes  $B$ , Antallet af tilkastede Samtaler pr. ledig Telefonistinde i Tidsenheden  $\beta$ . Sandsynligheden for  $a$  Kald under Ekspedition eller ventende ved en Gruppe betegnes ( $\alpha$ );  $\alpha$  er højst  $x + V$ . Sandsynligheden for en Ventetid ud over en vis Grænse kaldes  $S$ , Middelventetiden  $M$ . Iøvrigt se Formelsamlingen Bilag 11. Ved Brugen af Formlerne maa man gaa saaledes frem, at man forsøgsvis vælger en Værdi for  $\beta$ , derefter beregner  $B$ , og bliver ved, indtil Relationen

$$\beta = B \cdot \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

bliver opfyldt; denne Relation udtrykker, at Antallet af bortkastede Kald maa stemme med Antallet af tilkastede. I denne Teori er regnet med, at det samlede Antal Damer er stort, endvidere er der ikke regnet med nogen Tid til Opdagelsen af Signalerne, til Bortkastningen og til Vælgernes Bevægelse; man kan om fornødent indføre Korrektioner herfor.

c) Vi vil endnu betragte enkelte af de Systemer,

hvor Fordelingen finder Sted rent automatisk, uden Telefonistindernes Medvirkning; der er her ikke Tale om Hjælp fra Naboerne. Systemet har ligesom det forrige flere Modifikationer, eftersom man tillader  $0, 1, 2 \dots$  ventende Kald paa hvert Sted. Vi bruger væsentlig samme Betegnelser som ovenfor; ved  $a_1$  forstaas Antallet af Kald, der kommer ind til en af de ikke fuldt optagne Pladser i Tidsenheden; dette Tal er, som man vil forstaa, noget større end  $a$ . Se Bilag 12. Det er en Selvfølge, at Teorien her (saavel som den forrige) forudsætter, at der ikke er andre Aarsager til Ventetid end den, at Damerne er optagne (f. Eks. manglende Snore e. l.).

Der kunde endnu nævnes mange lignende Spørgsmaal, som Sandsynlighedsregningen allerede er eller i Fremtiden vi blive i Stand til at kaste Lys over og derved bidrage til en stadig bedre Anvendelse af saavel Mennesker som Maskiner og Ledninger. Vanskelighederne er vel store; men dette bør ikke afskrække; det samme gælder om mange andre Omraader, der ved Anvendelse af denne Videnskab mere og mere er blevne tilgængelige for Forstaaelse; man kan nævne Maalingens, Tællingens og Statistikkens Teori, Læren om Dødelighed og Arvelighed, eller om Molekyler og Elektroner Bevægelser og Sammenstød. Paa alle disse Omraader er der jo mange vigtige Spørgsmaal, der endnu ikke har fundet Svar eller maaske ikke en Gang er stillede. Det samme gælder om Teorien for Telefontrafikken.



## Kraft- och bränslefrågan i Sverige.

Av överingenjör Carl A. Rossander.

Den under de senaste åren alltjämt tilltagande knappheten på all slags bränslemateriel, framför allt stenkolk, och de på grund därav till en rent fantastisk höjd uppdrivna prisen härpå har gjort bränslefrågan och den därmed i nära sammanhang stående kraftfrågan i hög grad aktuell, särskilt i alla länder, som äga någon nämnvärd industri. I Sverige ha dessa frågor sedan flera år tillbaka varit livligt uppmärksammade och ur olika synpunkter och av olika författare behandlats i ett flertal föredrag och publikationer. Då jag nu här åtagit mig att lämna en kortfattad framställning av dessa frågor läge i Sverige, sker det därför i fullt medvetande om, att jag egentligen ej kan komma med någonting, som icke i huvudsak redan är bekant, utan min framställning utgöres huvudsakligen av ett referat av vad som förut av flera författare, däribland även av mig själv publicerats.

Då, såsom inledningsvis antydde, svårigheten att er-hålla stenkolk väl får anses vara av grundläggande natur, är det på sin plats att först ägna några ord åt denna fråga.

Sverige har visserligen som bekant vissa stenkolkstillgångar, men dessa äro nästan försvinnande i förhållande till behovet, varför Sverige i huvudsak varit hänvisat till import av stenkolk. Huru denna import utvecklats under de senare åren, framgår av vidstående fig. 1. Man finner att importen, fränsett vissa jämförelsevis obetydliga fluktuationer, i stort sett befunnit sig i stigande ända till krigets början. Att den därefter åter nedgått och i synnerhet under de senare åren högst väsentligt minskats, torde nog icke egentligen vara beroende på minskat behov utan på att kol i tillräckliga kvantiteter överhuvud taget ej stått att få. Man torde kunna utgå från, att landets importbehov omkring år 1914 utgjorde i runt tal 5 millioner ton.

Av intresse är att försöka bilda sig en föreställning om, huru denna import fördelar sig på olika behov. Dylika undersökningar hava företagits bl. a. av A. F. Enström, H. Lundberg och undertecknad samt vidare i Kommerskollegii specialundersökning: »Bränsleförbrukningen under åren 1913—1917». Med tillhjälp härav kan man beräkna att den angivna kolförbrukningen ungefärligen fördelar sig på följande sätt:

|                                       | %  | tusen ton |
|---------------------------------------|----|-----------|
| Kraftändamål .....                    | 24 | 1 200     |
| Järnvägar .....                       | 20 | 1 000     |
| Fartygsdrift .....                    | 8  | 400       |
| Gasverk .....                         | 6  | 300       |
| Ungsdrift och övrig uppvärmning ..... | 42 | 2 100     |
| S:a 100                               |    | 5 000     |

Förutom stenkolk har även en avsevärd import av koks ägt rum. Densamma har varit underkastad ganska starka fluktuationer. År 1914 uppgick den således till ej

fullt 500 000 ton, medan den år 1916 var uppe i nära 1 300 000 ton. Detta år var emellertid som känt ett år med lysande högkonjunktur inom industrien, varjämte en viss import av koks delvis var ett villkor för kolimporten, varför det ej är att undra på, om importen av koks då uppnådde ett rekord. Redan år 1917 hade den nedgått till något över 500 000 ton. Jag skulle gissa, att det normala behovet f. n. är någonting mellan 500 000 och 1 million ton pr. år.

Vidare importeras rätt avsevärda kvantiteter råoljor, fotogen och bensin. Importen härav var under 1919 omkring 140 000 ton. Fränsett en del av krigsåren, då denna import av kända skäl var synnerligen begränsad, har densamma ökat tämligen successivt från c:a 73 000 ton år 1900.

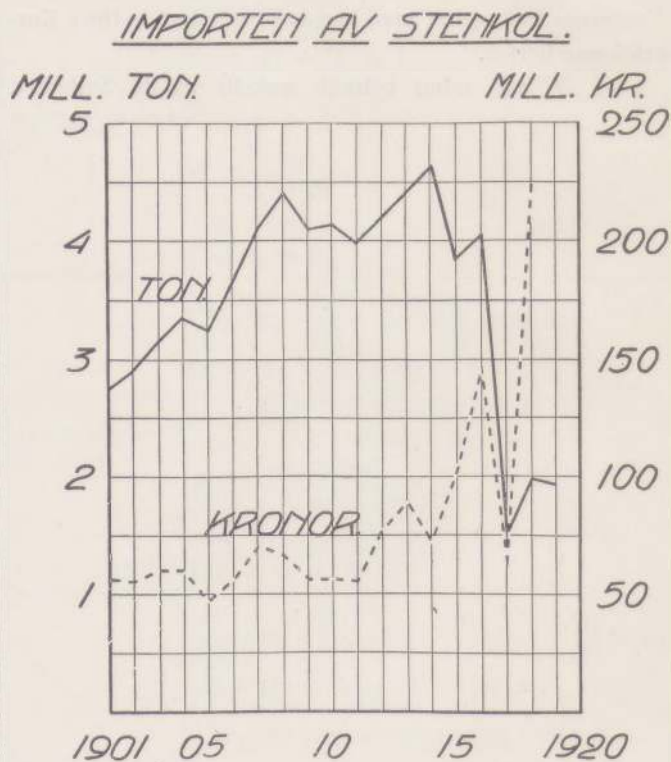


Fig. 1.

Slutligen må anmärkas, att under åren 1914—1915 importerades rätt avsevärda kvantiteter träkol, c:a 1 million hektoliter vardera året, vilket dock torde få anses vara en mera tillfällig företeelse.

Gentemot dessa importbehov har man nu att ställa vårt lands inhemska tillgångar, varvid jag börjar med bränsletillgångarna.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Efterföljande framställning av bränsletillgångarna är huvudsakligen hämtad ur en uppsats av Sven Lubeck om »Våra kraft- och bränslefrågors nuvarande läge» tidskriften Det nya Sverige (Häfte 5, 1920.)



### Stenkol.

Såsom jag nämnt, finnas i sydligaste Sverige, nämligen i Skåne, stenkolsfyndigheter, vilka emellertid äro jämförelsevis obetydliga. Av *I. Svedberg* beräknas de till en mängd av c:a 300 millioner ton, och den årliga brytningen uppgår till omkring 400 000 ton, motsvarande i värmevärde endast omkring 5 % av vår normala stenkolsimport. Dessutom äger Sverige en del kolfält på Spetsbergen, men vilken kvantitet, som därifrån kan erhållas, torde ännu vara för tidigt att döma om. De skånska stenkolen förbrukas givetvis helt och hållet inom Sverige.

### Brännstörv.

Några säkra uppgifter angående tillgången på god brännstörv finnas ej. Tidigare gjorda uppskattningar variera mellan 1 till 10 milliarder ton s. k. lufttorr vara. Tillverkningen utgjorde före kriget mindre än 200 000 ton, motsvarande ungefär halva beloppet stenkol. Densamma har under kriget ökat, dock ej mer än till inemot 400 000 ton.

Överhuvud vill det synas som om störvfrågan i Sverige, trots allt vad som talats och skrivits om densamma, i viss mån råkat in i en återvändsgränd. Man har i Sverige börjat att utom stycketörv och briketter tillverka störvpulver till lokomotivbränsle, störvkol m. m., men några säkra resultat hava hittills ej ernåtts. I detta fall synas vi hava mycket att lära av Danmark, där enligt uppgift störvproduktionen under kriget ökat från 200 000 till över 2 millioner ton per år. Möjligt är ju, att förhållandena i Danmark äro väsentligt gynnsammare än hos oss, men det torde väl knappast vara tvivel underkastat, att störvtillverkningen i Sverige även skulle kunna väsentligt ökas.

### Skogsprodukter.

En betydlig bränsletillgång äger Sverige vidare i sina skoger. Uppgifterna om huru mycket bränsle, som tillverkas av skogsprodukter samt huru mycket, som skulle kunna tillverkas utan överavverkning, äro mycket svävande. Enligt *Henrik Pettersson* uppskattas den årliga avverkningen till c:a 40 millioner m<sup>3</sup> (s. k. fast mått), varav ungefär 60 % eller 24 millioner m<sup>3</sup> beräknas åtgå för husbehov, d. v. s. till bränsle för hemmen, stängsel m. m. Omkring 16 % beräknas åtgå för tillverkning av träkol för järnindustrien. Återstoden användes för sågverk och träindustri överhuvud taget samt för pappers- och cellulosafabrikation.

Under de senare åren har industrien i stor utsträckning nödgats tillgripa ved såsom bränsle i stället för stenkol. En del härav har importerats, särskilt från Finland, men det mesta torde nog hava tagits ur egna skogar. Huruvida detta i längden kan fortsätta utan överavverkning av skogen, torde vara osäkert.

Åtskilligt torde dock kunna utvinnas genom ett bättre tillvaratagande av skogsavfall, såsom stubbar, toppar, grenar och ris etc., i vilket avseende även en del blivit gjort under de senaste nödåren.

### Skiffer.

Såsom en vidare bränsletillgång kan nämnas de i Sverige flerstädes förefintliga oljeskifferarna, brännbara alunskifferar o. d. med upp till 6 % olja, som förekomma i

Västergötland, Närke m. fl. landsdelar och enligt *J. G. Andersson* uppgå enbart i Västergötland till minst 13 000 millioner ton. Huruvida och i vad mån dessa skifferar kunna bearbetas för oljeproduktion är ännu för tidigt att avgöra. Enligt *S. V. Bergh* kunna 45 kg råolja erhållas pr. ton skiffer, och genom bearbetning av 3 millioner ton skiffer pr. år skulle inemot 60 % av råoljeimporten före kriget kunna ersättas. Endast Närke och Kinnekulle skulle kunna leverera 3 millioner ton under 750 år, och dessa fyndigheter utgöra dock endast 43 % av Sveriges totala. Detta låter ju tillfredsställande nog, men ännu torde det som sagt vara för tidigt att avgöra, huruvida saken även är ekonomiskt möjlig.

På vissa håll användes även skiffer direkt såsom bränsle för ångpannor, t. ex. vid en större cementfabrik på Öland. Enligt gjorda försök har man här konstaterat, att ungefär 11 ton skiffer motsvara 1 ton kol, varav framgår, att skiffern för detta ändamål icke kan tänkas tåla någon nämnvärd transport utan måste användas på platsen.

### Sulfitsprit.

Ett bränsle som på senare tider låtit rätt mycket tala om sig, är sulfitspriten. Enligt *E. Hubendick* kan från f. n. befintliga 22 sulfitsprittfabriker utvinnas c:a 19 000 ton 95 %-ig vara pr. år, motsvarande större delen av landets bensinbehov. Denna industri har emellertid ej kunnat komma igång i någon nämnvärd utsträckning, huvudsakligen — efter vad det vill synas — beroende på et ovist och oresonligt nykterhetsnit och en därpå beroende, oklok lagstiftning. I sammanhang härmed kan omnämnas *Strehlenerts* metod att ur sulfittuterna utvinna bränsle. Enligt denne skulle vid sulfittfabrikerna kunna erhållas bränsle, motsvarande c:a 600 000 ton stenkol eller nära nog cellulosaindustriens hela bränslebehov. Detta ävenledes enligt Hubendick. Om metodens ekonomiska möjligheter torde ännu vara för tidigt att yttra sig.

Hubendick uppskattar Sveriges nuvarande förbrukning av inhemsk bränsle, räknat som engelsk stenkol, till följande belopp:

|                                   |               |
|-----------------------------------|---------------|
| skånsk stenkol .....              | 200 000 ton   |
| störv .....                       | 100 000 -     |
| ved för träkolstillverkning ..... | 1 275 000 -   |
| gaskoks .....                     | 150 000 -     |
| hushållsved .....                 | 2 850 000 -   |
|                                   | 4 575 000 ton |

eller ungefär samma belopp, som ovan angivits för landets normala importbehov av utländska stenkol.

### Vattenkraften.

Efter denna lille exposé av bränsletillgångarna i Sverige övergår jag till en kort redogörelse för vårt lands vattenkrafttillgångar, vilka äro en av våra förnämsta naturtillgångar överhuvud taget och av särskild betydelse nu i dessa bränslebristens dagar.

De första noggrannare beräkningarna över Sveriges vattenkraft gjordes för några år sedan av *M. Serrander* i en uppsats om Sveriges vattenkrafttillgångar och deras förmögenhetsvärde, för vilka undersökningar jag här i största korthet skall redogöra.



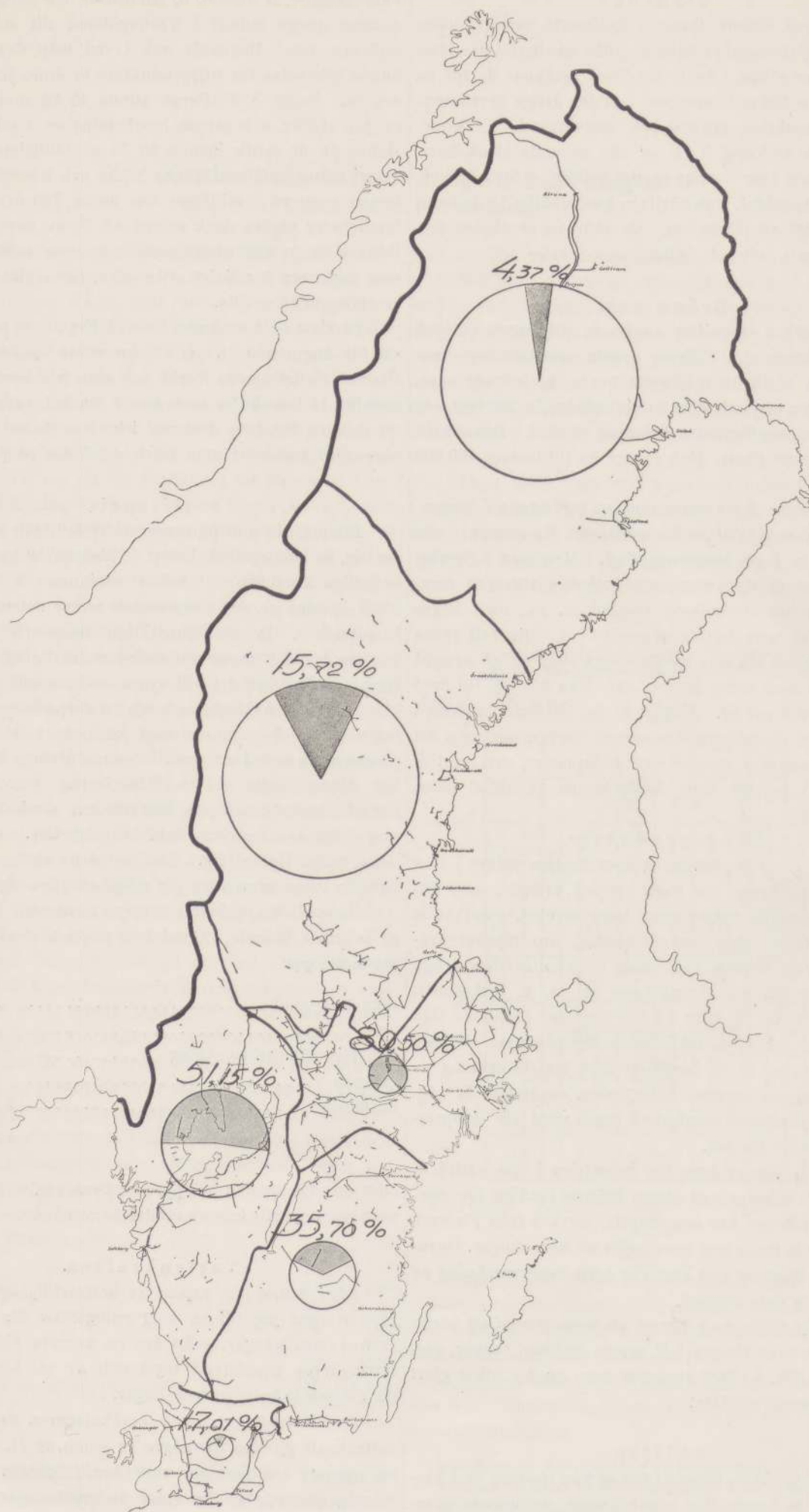


Fig. 2. Vattenkraft i Sverige.



Författaren indelar Sveriges vattenkraft i trenne slag, nämligen utbyggd, utbyggnadsvärdig och icke utbyggnadsvärdig vattenkraft. Med det senare slaget förstås då sådan kraft, som icke kan väntas att inom rimlig tid (här antagen till 50 år) bli utbyggd. Den utbyggnadsvärdiga vattenkraften har vidare indelats i sådan, som kan väntas bli utbyggd inom 20 år och sådan som kan väntas bli utbyggd först inom 50 år.

Det bör emellertid i detta sammanhang påpekas, att utbyggnadsvärdigheten givetvis är ett i hög grad relativt begrepp. Då vattenkraften i huvudsak har att konkurrera med stenkolen i och för framställande av energi resp. värme, så är det givetvis ej uteslutet, att svårigheten att erhålla stenkol och de oerhört uppdrivna prisen på dessamma kan komma att väsentligt öka utbyggnadsvärdigheten hos en del vattenfall, och även, där så är möjligt, minska den tid, inom vilken de komma att utbyggas.

Då utredningen gällde för år 1908, omfattade den utbyggda vattenkraften således den vattenkraft, som till denna tid var utbyggd, och jag har sedermera med tillhjälp av den genom Vattenkraftföreningen tillgängliga statistiken sökt komplettera densamma t. o. m. år 1914, vilket år jag bibehållit som utgångspunkt, då ju uppgifterna om stenkolsimporten gällde denna tid. Jag vill emellertid i detta sammanhang påpeka, att enligt *S. Lübeck* representerar den tills dato modernt utbyggda vattenkraften c:a 1 150 000 turbinhästkrafter, vartill komma under byggnad varande c:a 250 000 hkr. Enligt samma författare har den normala tillväxten av utbyggd vattenkraft under de senaste åren varit c:a 40 000 hkr. per år, vilken siffra dock förefaller något låg.

Vattenkraftens fördelning över olika delar av landet framgår av fig. 2.

Den i nedanstående tab. angivna effekten har beräknats med hänsyn till den vattenmängd, som under en lång följd av år i medeltal är tillgänglig åtminstone 9 månader av året (motsvarande den s. k. industriella medelvattenmängden). Emellertid bruka vattenkraftstationerna oftast utbyggas för en större vattenmängd än denna, dels med hänsyn till reserv, dels med hänsyn därtill, att man ibland kan hava tillfälle att tillgodogöra sig även sådan kraft, som är tillgänglig kortare tid än 9 månader. *Serrander* har genom undersökning av en del olika vattendrag funnit, att »utbyggnadsfaktorn» i medeltal uppgår till 1,4, d. v. s. att i medeltal ungefär 40 % mera turbin-hkr. installeras än som motsvara den industriella medelvattenmängden. I enlighet härmed är antalet turbin-hkr. beräknat.

Vattenkraft i Sverige.

|                                            | Turbin-hkr. | Mill. kWh<br>vid<br>4 400 tim. | Mill. kWh<br>vid<br>10,5 mån. |
|--------------------------------------------|-------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Utbyggd eller under byggnad 1914 . . . . . | 793 630     | 1 700                          | 2 900                         |
| Före 1928 utbyggd . . . . .                | 2 324 710   | 4 900                          | 8 400                         |
| Före 1958 nbyggt . . . . .                 | 3 511 540   | 7 400                          | 12 800                        |
| Totalt . . . . .                           | 6 205 000   | 13 000                         | 22 600                        |

I kolumn 2 är vidare uppgivet det energibelopp, som den ifrågakarande vattenkraften skulle kunna avgiva vid en utnyttningstid av 4 400 timmar, vilket värde av *A. F. Enström* angivits såsom medelvärde för en hel del industriella kraftstationer.

Slutligen har i kolumn 3 angivits vilken energi, som ifrågakarande vattenkraft skulle kunna producera, därest utnyttningstiden vore den praktisk taget högsta möjliga d. v. s. 24 timmar per dygn under c:a 10,5 månader (varvid således antages att vattenmängden under de tre månader, då den industriella medelvattenmängden än finnes tillgänglig, skulle rätlinigt minskas till nära 0). Samma resultat skulle naturligtvis kunna erhållas vid en vattenkraftstation, där full årsreglering är genomförd, så att alltså vattenframrinningen i varje ögonblick kan praktiskt taget anpassa sig efter belastningen.

Efter denna översikt av vårt lands tillgångar ifråga om bränsle och kraft vill jag övergå till att söka göra en undersökning, hurvida och i vad mån vi med dessa tillgångar kunna hoppas att minska vår kolimport. Jag börjar då med en undersökning av vad vattenkraften i detta hänseende kan tänkas uträtta.

Att vattenkraften redan i stor utsträckning faktiskt ersätter stenkolen, är ju tydligt redan av den ovan angivna tabellen rörande den utbyggda vattenkraften. En del av densamma användes visserligen för sådana ändamål, där stenkol under inga omständigheter skulle kunna ifrågakomma, d. v. s. för en del elektrokemiska och elektrotermiska ändamål, men den huvudsakliga användningen av vattenkraft är dock för motordrift (vare sig direkt från turbiner eller drift medelst elektrisk överföring) även som för belysning, i vilka fall således vattenkraften direkt ersätter ångkraft resp. bränn- och lysoljor. Användningen av vattenkraft har också under de senare åren i hög grad ökat och speciellt har landsbygdens elektrifiering under krigsåren gjort mycket stora framsteg.

När man nu vill undersöka möjligheten att ersätta de svarta kolen med de vita, är det givetvis av stor betydelse att söka bilda sig en föreställning om kostnaderna för vattenkraften. Enligt den av Kommerskollegium gjorda specialundersökningen över Sveriges monterade vattenkraft uppgår medelkostnaden för c:a 400 kraftverk, för vilka närmare upplysningar kunnat erhållas, till ungefär följande belopp:

|                                             |                  |
|---------------------------------------------|------------------|
| Tomt- och naturkraft . . . . .              | Kr. 125:— per kW |
| Byggnadsarbeten . . . . .                   | » 220:— » »      |
| Maskineri och elektrisk utrustning. . . . . | » 80:— » »       |
| Distributionsanläggningar etc. . . . .      | » 70:— » »       |
|                                             | Kr. 495:— per kW |

Beräknar man på grund härav årskostnaderna för kraftverken, varvid ränta, avskrivning och underhåll beräknas enligt sedvanliga grunder, samt utgifter för personal och administration, smörolja och övrig materiel för driften, skatter, onera och diverse omkostnader etc. tagas ur Kommerskollegii undersökning, så kommer man till ett belopp av i runt tal 56 kr. per kW och år.

I Kommerskollegii undersökning finnas även de verkliga årskostnaderna för ett antal närmare specificerade kraftverk angivet. Medeltalet för samtliga dessa kraftverk uppgår till 52,56 kr. per kW och år, en siffra, som således väl överensstämmer med den ovan funna.

Ovanstående siffror gälla nu i huvudsak förhållandena före kriget, ehuru väl en hel del av de anläggningar, som ligga till grund för statistiken, åtminstone delvis byggts



efter kriget. Om man i likhet med en del nationalekonomiska auktoriteter antager, att prisnivån för den närmare framtiden skulle komma att ligga c:a 100 % över den, som var rådande före kriget, så skulle man alltså kunna säga, att för de kraftverk, som hädanefter komma att byggas, får man räkna med en anläggningskostnad av i genomsnitt c:a 1 000:— kr. per kW. Räknar man med 3 ggr. prisnivån före kriget, får man c:a 1 500 kr. per kW anläggningskostnad och en årskostnad av 168:— kr. per kW.

Kostnaden per kWh vid olika utnyttningstid i de tre olika fallen framgår av fig. 3.

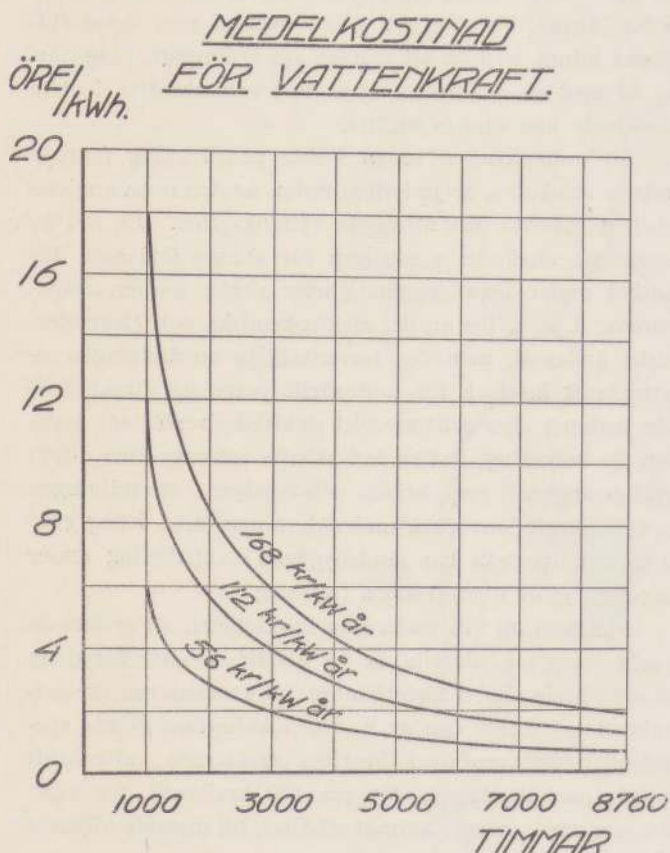


Fig. 3.

Det behöver väl ej särskilt framhållas, att denna beräkning är i hög grad approximativ och blott är avsedd att tjäna till någon ledning vid bedömandet av de sannolika kostnaderna för vattenkraften i Sverige nu och i framtiden. Det bör även framhållas, att ehuruval i ovanstående en del distributionskostnader äro medtagna, så tillkomma vid leverans åtminstone till mindre förbrukare i regel ytterligare distributionskostnader, vilka kunna vara rätt avsevärda, då de större kraftverken i regel icke leverera direkt till småförbrukare.

Om man nu undersöker vilka av de ovan angivna kategorierna av stenkolsförbrukare kunna tänkas få stenkolen ersätta med vattenkraft så kan man åtminstone på teknikens nuvarande stadium genast lämna fartygsdriften å sido.

För gasverken kan naturligtvis den elektriska energien ej heller ersätta kolen. Däremot kan man tänka sig, att elektrisk energi i större eller mindre grad skulle kunna ersätta lysgasen såväl såsom belysningsmedel som såsom värmealstrare. Ifråga om motordrift har elektriciteten redan praktiskt taget utträngt lysgasen. Beträffande belys-

ningen är den även på god väg att göra sammaledes, vilket bl. a. framgår av Kommerskollegii ovannämnda specialundersökning rörande bränsleförbrukningen, enligt vilken gasförbrukningen för belysning från år 1913 till 1916 minskas med omkring 15 %.

I många fall kan naturligtvis även den elektriska energien tänkas ersätta gasen för uppvärmningsändamål. Då emellertid vid gasverken en hel del värdefulla biprodukter, såsom koks, ammoniumsulfat etc. erhållas, vilka eljest skulle behöva importeras, torde det knappast kunna anses vara någon nationalekonomisk uppgift att i större utsträckning ersätta gas för uppvärmningsändamål med elektrisk energi, utan den senare har nog sin förnämsta användning för matlagning etc. på landsbygden och överhuvud taget på sådana platser, där gasverk ej finnas. Jag anser mig därför kunna i det följande lämna även gasverken åsido.

Ifråga åter om den stenkol, som användes för kraft alstring, har vattenkraften givetvis sitt förnämsta konkurrensområde. Redan under de förhållanden, som voro rådande före kriget, har ju vattenkraften i allt större utsträckning fått ersätta ångkraften. Under de senaste åren med dess höga kolpris har denna process fortgått i än högre grad forcerat tempo. Att så måste vara fallet, framgår även lätt av nedanstående resonemang.

Kolförbrukningen för en modern ångmaskinsanläggning av storleksordningen 500 à 1 000 kW uppgår i genomsnitt, alltså incl. alla uppvärmningsförluster, till c:a 1,2 à 1,5 kg/kWh. Givetvis äro en hel del ångmaskiner, som finnas i landet, emellertid av äldre datum och långt ifrån så ekonomiska, varför man säkerligen här får räkna med omkring den dubbla kolförbrukningen, alltså c:a 2,5 à 3 kg/kWh. Vid ett kolpris av ungefär 150 kr. per ton, vilket under nuvarande förhållanden kan anses lågt, motsvarar detta en bränslekostnad av 37,5 à 45 öre pr. kWh, vartill komma alla de övriga s. k. konstanta kostnaderna, såsom underhåll, skötsel o. s. v.

Då nu som ovan nämnt medelkostnaden för nytillkommande vattenkraftverk beräknats till 112 kr. per kW och år (resp. 168 kr.), motsvarar detta vid en utnyttningstid av c:a 2 000 timmar per år, som kan beräknas bliva rådande vid industri med dagdrift, en kostnad per kWh av 5,6 (resp. 8,4 öre per kWh), således långt under vad enbart bränslekostnaden vid en ångmaskinsanläggning f. n. uppgår till. Även med hänsyn därtill, att vid vattenkraftanläggningar som nämnt ofta avsevärda distributionskostnader tillkomma, är det uppenbart, att, även om kolpriset i framtiden skulle komma att nedgå avsevärt mot nuvarande förhållanden, det endast kan anses vara en relativt kort tidsfråga, när praktiskt taget all ångkraft blivit ersatt med vattenkraft, för såvitt icke särskilda omständigheter, såsom t. ex. möjligheten att använda avloppsånga för uppvärmning el. dyl. tala för användandet av ångkraft.

För nya anläggningar kunna visserligen bränslekostnaderna avsevärt nedbringas, men här tillkomma i stället vid jämförelse med vattenkraften de s. k. konstanta kostnaderna, ränta, avskrivning och underhåll av anläggningen etc., vilka vid befintliga ånganläggningar ej spela fullt samma roll. Dessa konstanta kostnader uppgingo före kriget vid en ångkraftanläggning av medelstorlek, c:a



500 à 1 000 kW, till c:a 50 kr. per kW och år, d. v. s. de voro av ungefär samma storleksordning som totala årskostnaderna för vattenkraft, vilket även är förhållandet för närvarande, varvid likväl ännu en gång må erinras om, att i många fall avsevärda distributionskostnader för den senare tillkomma. Även med hänsyn härtill är det dock uppenbart, att vattenkraften är i hög grad konkurrenskraftig gentemot ångkraften, detta även om kolprisen skulle nedgå långt under nuvarande priser.

Tänker man sig, att hela den för kraftalstring använda stenkolskvantiteten skulle ersättas med vattenkraft, så skulle härför åtgå c:a 450 millioner kWh. Fullt så långt torde man väl inom den närmaste tiden knappast kunna komma, ty en del värmekraft kommer sannolikt alltid att erfordras såsom reservkraft vid vattenbrist, event. även såsom s. k. toppkraft etc. Dock torde den kolkvantitet, som härför erfordras, vara jämnförelsevis ringa.

Vi komma därefter till järnvägarnas stenkolsförbrukning.

Enligt uppgift av I. Öfverholm har man vid Statens Järnvägars Elektrotekniska Byrå beräknat, att elektrifiering av järnvägarna under före kriget rådande förhållanden i allmänhet var lönande vid en kolförbrukning av 40 ton per år och bankilometer och därutöver. Klart är emellertid, att en betydlig ökning av kolpriset gör elektrifieringen av järnvägarna ekonomisk möjlig och lämplig i en betydligt större utsträckning, än som före kriget kunde tänkas. Av Öfverholms föredrag vid Svenska Teknologföreningens årsmöte 1919 framgår sålunda, att en elektrifiering av statsbanorna i *hela* deras utsträckning otvivelaktigt är fördelaktig redan vid ett kolpris av 50 à 100 kr. per ton. Huru förhållandena ställa sig vid de enskilda banorna, är jag ej i tillfälle att närmare angiva, men troligt är att förhållandena i detta avseende ej alltför mycket skilja sig från statsbanorna, ehuru väl naturligtvis bland privatbanorna en del mindre banor finnas, där trafiken är så svag, att en elektrifiering knappast löner sig ens vid mycket höga kolpris. Dylika banor spela dock naturligtvis också en mycket liten roll ifråga om kolförbrukningen. Skulle en fullständig elektrifiering av hela järnvägsdriften ske, så kan beräknas härför åtgå omkring 475 millioner kWh.

Till slut återstår frågan, huruvida och i vad mån även den kolkvantitet, som erfordras för uppvärmning, kan ersättas med vattenkraft. Med de prisetförhållanden, som före kriget varit rådande, har en dylik ersättning i allmänhet endast i undantagsfall varit ekonomiskt utförbar, såsom en enkel överläggning visar.

1 kg stenkol innehåller i genomsnitt 6 000 à 7 000 kalorier, varav man kan beräkna, att för uppvärmningsändamål i medeltal omkring hälften kan tillgodogöras. (Verkningsgraden vid uppvärmning medelst stenkol är naturligtvis i hög grad varierande, beroende på uppvärmningens art, men den nyss angivna siffran torde såsom ett grovt medelvärde icke alltför mycket skilja sig från verkligheten.)

1 kilowattimme åter innehåller omkring 865 kal., varav i många fall allt, i andra fall åter icke mer än en viss, dock alltid ganska hög procent kan tillgodogöras. Räknar man i genomsnitt c:a 800 nyttiga kal./kWh, så finner man, att en kWh i runt tal motsvarar 0,25 kg kol.

Bortser man från övriga faktorer, vilka i allmänhet tala till förmån för den elektriska uppvärmningen, får alltså 1 kWh icke kosta mer än 0,25 kg kol, för att den elektriska uppvärmningen skall löna sig.

Då man före kriget räknade med ett kolpris av 15 à 20 kr. per ton, skulle alltså under dessa förhållanden 1 kWh icke få kosta mer än 0,375 à 0,5 öre, en siffra, som vid svenska vattenkraftstationer i allmänhet endast är möjligt att uppnå, när det rör sig om överskottskraft och liknande. Under nuvarande förhållanden, då kolpriset är ungefär 10 ggr. så högt, får man ett möjligt kilowattimmepris av 3,75 à 5 öre, vilken siffra givetvis icke är otänkbar att uppnå även vid s. k. primakraft (ej överskottskraft) och nyare vattenkraftanläggningar, om utnyttningstiden är tillräckligt lång. Utgå vi från den förut funna högsta medelårskostnaden för nya vattenkraftverk, 168 kr. per kW-år, så finner man att priset per kWh blir 5 öre vid en utnyttningstid av 3 360 timmar och 3,75 öre vid en utnyttningstid av c:a 4 500 timmar, siffror, som i många fall äro möjliga att uppnå, särskilt vid industriell uppvärmning.

Även ifråga om bostadsuppvärmning är det ej uteslutet, att man kan få en rätt hygglig utnyttningstid, i synnerhet i de norra delarna av landet, om man tänker sig att den elektriska uppvärmningen får övertaga grundbelastningen och spetsbelastningen upptages av andra värmekällor, kakelugnar eller dyl., som tagas till hjälp vid starkare kyla.

Överskottskraft, exempelvis kraft endast tillgänglig nattetid, kan naturligtvis i många fall, såsom hittills flerstädes skett, finna användning för uppvärmningsändamål, även där kraftkostnaderna eljest äro relativt höga.

Faktiskt är också, att de oerhört stegrade kolprisen under de senaste åren medfört en ej obetydlig användning av elektrisk energi för uppvärmningsändamål i industriell drift och eljest. Såsom ett exempel härpå kan nämnas den nyligen färdigställda elektriska uppvärmningsanläggningen vid Vargö Sulfitfabrik och Pappersbruk, som är den första i sitt slag i Sverige och sannolikt den första i världen. Enligt uppgift kan fabriken nu reda sig utan att använda ett enda ton kol för uppvärmning, medan det eljest vid full drift erfordrades c:a 20 000 ton per år. Ångcentralen består av 7 elektriska ångpannor för omkring 2 000 kW vardera, anslutna direkt till 10 000 volt trefasström.

Så länge de höga kolprisen gälla, är det alltså i många fall ekonomiskt väl utförbart att använda elektrisk energi för uppvärmning även i stor skala. Att i någon större utsträckning ersätta den för uppvärmningsändamål erforderliga kolkvantiteten med elektrisk energi, torde dock knappast kunna påräknas, då detta skulle kräva alltför stora effekt- och energibelopp. Under det att såsom nyss beräknats ett fullständigt ersättande av de 2,2 mill. ton kol, som beräknades erforderliga för kraftändamål och järnvägsdrift, skulle kräva ett energibelopp av c:a 925 mill. kWh, skulle ett ersättande av den i det närmaste lika stora kolkvantitet, som beräknas erforderlig för uppvärmningsändamål, kräva över 8 000 millioner kWh, således ett belopp av samma storleksordning som hela den tillgängliga utbyggnadsvärdiga vattenkraften.

Vattenkraften kan således icke i någon större ut-



sträckning beräknas ersätta det stenkolk, som användes för uppvärmningsändamål, men däremot kan den mycket väl tänkas i huvudsak ersätta det kol, som erfordras för kraftändamål och järnvägar, varigenom en minskning i den beräknade kolförbrukningen av omkring 45 % kan ernås. Det härför erforderliga energibeloppet är som synas relativt obetydligt i jämförelse med landets outnyttjade vattenkrafttillgångar. Detta gäller även, om man söker bilda sig en föreställning om huru saken kan ställa sig i framtiden. Utgår man från vissa genomsnittssiffror för den årliga medelökningen i energibehovet för industri, järnvägar, s. k. borgerliga ändamål etc., som på sin tid funnits av Enström, finner man att den totala energiförbrukningen efter omkring 40 år för ifrågavarande ändamål kan beräknas till mellan 6 000 och 7 000 millioner kWh, ett behov, vilket som synes fullt kan täckas av befintliga tillgångar.

För att kunna minska kolförbrukningen även för uppvärmningsändamål, får man därför i huvudsak lita till inhemska bränsletillgångar. Hubendick beräknar, att man med anlitande så långt möjligt av de inhemska bränsletillgångar, som förut angivits, borde inom landet under loppet av ett 40-tal år kunna utöver vad som nu produceras upparbeta nedanstående bränsleproduktion, räknat i engelsk stenkolk:

|                             |             |
|-----------------------------|-------------|
| skånska kol .....           | 150 000 ton |
| torv .....                  | 500 000 »   |
| skogsavfall .....           | 1 000 000 » |
| bränsle ur sulfitulut ..... | 500 000 »   |
| gaskoks .....               | 250 000 »   |
| Summa 2 400 000 ton         |             |

Härtill kommer följande:

|                                              |            |
|----------------------------------------------|------------|
| råolja .....                                 | 20 000 ton |
| sprit ur sulfitulut, motsvarande bensin .... | 19 000 »   |
| skifferbensin .....                          | 7 000 »    |
| bensol .....                                 | 5 000 »    |
| Summa 51 000 ton                             |            |

Med hänsyn till den sannolika utvecklingen av industrien och därav härrörande stegring i behovet av bränsle för uppvärmningsändamål ävensom stegringen i behovet av husbehovsbränsle kan beräknas, att efter en dylik ökning av våra inhemska bränsleresurser samt under ovan angivna förutsättning, att vattenkraften helt och hållet eller åtminstone i det närmaste får ersätta stenkolen för kraftalstring incl. järnvägsdrift, emellertid fortfarande ett importbehov av minst 3 à 4 millioner ton per år skulle kvarstå.

Häri kan möjligtvis en del ytterligare besparingar göras genom införande av mera ekonomiska eldstäder, tillvaratagande av avloppsvärme från ugnar m. m. samt kombination och delvis centralisering av kraft- och vär-

mealstring i större kommuner och industrier m. m. Gränsen för sannolika besparingar genom dessa åtgärder beräknas av Hubendick vara för Sveriges vidkommande c:a 1 million ton stenkolk.

Mycket skulle kunna vara att tillägga rörande här behandlade frågor, men jag vill icke längre taga Eder tid i anspråk och hoppas, att i alla fall med ovanstående kortfattade resumé hava lämnat någon föreställning om kraft- och bränslefrågans nuvarande läge i Sverige. Såsom en sammanfattning av de gjorda beräkningarna kan man fastslå, att vi i Sverige hava alla utsikter att med fördel kunna ersätta den ojämförligt största delen av det stenkolk, som nu användes för kraftalstring och järnvägsdrift, med vattenkraft, för vilket ändamål befintliga tillgångar äro tillräckliga för en lång tid framåt, men att vattenkraften däremot ej kan beräknas i någon större utsträckning ersätta det stenkolk, som användes för uppvärmningsändamål, utan härför har man i huvudsak att lita till utvecklingen av inhemska bränsletillgångar, stenkolk, skogsprodukter, skiffer etc.

Om man således kan anse, att kraft- och bränslefrågans läge i Sverige icke är så ogynnsamt som i en del andra länder — detta särskilt med hänsyn till vår jämförelsevis rikliga tillgång på vattenkraft — så är likvisst situationen allvarlig nog, framför allt med hänsyn till bränslefrågan, och fordrar givetvis den största uppmärksamhet. Ingenting får underlåtas, som kan bidra till att å ena sidan bättre utveckla våra kraft- och bränsletillgångar, å andra sidan medföra besparingar och ekonomisering i användningen av kraft och bränsle. Här har det nyligen inrättade kraft- och bränsleinstitutet, som står under ledning av Ingenjörsvetenskapsakademien, en stor och viktig uppgift att fylla. Bland åtgärder, som böra vidtagas förutom redan angivna, bättre tillvaratagande och utnyttjande av våra bränsletillgångar, må i korthet nämnas: Genomförandet så långt rimligen ske kan av flod- och sjöregleringar i avsikt att kunna på bästa sätt utnyttja den befintliga vattenkraftens energi; organiserat samarbete, där så lämpligen kan ske, mellan olika vattenkraftstationer för utjämnande av belastningen emellan dem, varigenom energien bättre kan utnyttjas; rationellt samarbete, där så befinnes lämpligt, mellan vattenkraft och andra kraftkällor, speciellt ångkraft; tillvaratagandet på bästa möjliga sätt av befintlig överskottsenergi; kombination i den mån så är lämpligt av värme- och kraftalstring samt i vissa fall centralisering av såväl kraft- som värmeproduktionen m. m.

Klart är, att många svårigheter äro att övervinna, innan man kan komma fram till en verkligt rationell kraft- och bränslepolitik, men den moderne teknikern måste ju säga sig själv, att svårigheter äro till för att övervinnas.



## Stærkstrømslovgivningen i Danmark.

Af Kontorchef T. F. Krarup.

Foretagsudvalget har gjort mig den Ære at opfordre mig til her at gøre Rede for den danske Lovgivning om Stærkstrømsanlæg. Naar jeg nu med Glæde efterkommer denne Anmodning, maa jeg først sige, at dette Emne er saa omfattende, at der, naar alt — saaledes som man har ønsket det — skal tages med indenfor et kort Foretags meget begrænsede Ramme, kun vil kunne blive Tale om en næsten skematisk Oversigt uden dybere Indtrængen i Enkeltheder, hvor stor Fristelsen dertil end ellers kunde være, men dette er vel netop forsaavidt heldigt, som en Jurist maaske ellers kunde lade sig lede langt udenfor, hvad der kan have Interesse indenfor de tekniske sagkyndiges Kreds.

Det vil være naturligt at begynde med Stærkstrømslovgivningens Historie, men det kan gøres yderst kort, da der overhovedet ikke var nogen dansk Lovgivning om Emnet førend den nugældende Lov om elektriske Stærkstrømsanlæg af 19. April 1907. Spørgsmaalet om Lovgivning paa dette Omraade rejstes af den i 1903 her i København afholdte tekniske og hygiejniske Kongres, der i en Henvendelse til Regeringen udtalte, at det maatte anses for »nødvendigt for Landets industrielle Udvikling, at det bliver tilladt at føre elektriske Strømme med høj Spænding ad overjordiske Ledninger«. Denne Henvendelse gav Stødet til, at Ministeriet for offentlige Arbejder nedsatte en Kommission under Forsæde af Telegrafdirektør Meyer til Sagens nærmere Undersøgelse. Kommissionen afgav Betænkning i Juli 1906, og det Udkast til Lovforslag, som ledsagede Betænkningen, akcepteredes af Regeringen og blev efter nogle mindre væsentlige, men ikke alle lige heldige Ændringer under Rigsdagsbehandlingen til Loven af 19. April 1907.

Hovedkaraktermærket for Bestemmelserne i Stærkstrømsloven saaledes, som de er angivne i Lovens 1ste Kapitel, kan bedst udtrykkes ved, at Loven er en Lov til Sikkerhed. Den søger at værne Samfundet, Personer og Gods, mod de Farer, som saadanne Anlæg fører med sig. Men videre gaar den heller ikke. Først og fremmest har Staten ikke som ved de vigtigste Svagstrømsanlæg — Telegrafer og Telefoner — tilegnet sig eller forbeholdt sig nogen Art af Monopol, men heller ikke paa nogensomhelst anden Maade, ved Krav om Koncessioner, Tilladelse eller lignende til Anlæggenes Udførelse eller Drift, er der lagt Baand paa disse Anlægs fuldkommen frie Udvikling. Enhver kan frit oprette og drive de Stærkstrømsanlæg, han ønsker, naar han blot overholder de ved Loven hjemlede Sikkerhedsbestemmelser. Disse Sikkerhedsbestemmelser er imidlertid ret vidtgaaende, men det nærmere om dem findes ikke direkte optaget i Loven. Man har rigtig set, at den rivende Udvikling i disse Anlægs Teknik, som kan

ventes fortsat i stigende Progression efterhaanden, som de bliver mere og mere udbredte, nødvendiggjorde, at der gaves Administrationen Adgang til gennem Ændringer i Bestemmelserne at holde nogenlunde Skridt med Teknikens Standpunkt til enhver Tid. I dette Øjemed foreskriver Loven, at Sikkerhedsbestemmelserne skal optages i et Reglement for Udførelse og Drift af elektriske Stærkstrømsanlæg, der udfærdiges af Ministeren for offentlige Arbejder, og som tillige indeholder de fornødne Bestemmelser om Bøder for Overtrædelser. Reglementet har altsaa Karakter af et Politireglement. Der maa ved dets Affattelse tages Hensyn ikke blot til den størst mulige tekniske Klarhed, men ogsaa til, at det skal benyttes af Domstolene som Grundlag for Strafs Ikendelse, en Hensyntagen til to Sider, som det ingenlunde altid er let at bringe i fuldkommen Harmoni. For i nogen Maade at bøde herpaa ledsages Reglementet i de trykte Udgaver af en Række af Elektricitetskommissionen udarbejdede Forskrifter om nærmere Enkeltheder, der ikke egner sig til at gøres til Genstand for Politiforskrifter.

Det første Reglement udfærdigedes, efter at man under Udarbejdelsen havde hjulpet sig med nogle foreløbige Bestemmelser, under 24. August 1908, men afløstes af det nugældende Reglement af 18. November 1912. Der er allerede længe arbejdet paa dettes fuldstændige Revision, men dels har Verdenskrigen naturligvis ogsaa her sat sit Spor, dels vanskeliggøres Opgaven, efterhaanden som Udviklingen skrider frem, i høj Grad ved de mange forskelligartede Interesser, hvortil der mere og mere bliver at tage Hensyn, og som igen betinger Brevveksling og Forhandling med en hel Række Stats- og kommunale Myndigheder samt andre, saasom Telefon- og Brandforsikringsselskaber.

Lad mig her indskyde, at medens Reglementet udfærdiges af Ministeriet for offentlige Arbejder, er der selvfølgelig ved Loven sørget for at skaffe Ministeriet fornøden sagkyndig Bistand baade til Udarbejdelse af Reglementet og til direkte Udøvelse af al Statens øvrige Myndighed vedrørende elektriske Stærkstrømsanlæg. Organet herfor er Elektricitetskommissionen, der iflg. Loven bestaar af 5 Medlemmer, hvoraf et skal være retskyndig og 3 i Besiddelse af elektroteknisk Sagkundskab. Alle de 4 ikke-retskyndige Medlemmer har imidlertid hidtil været elektrotekniske sagkyndige, og dette vil ogsaa fremtidig være saa meget mere nødvendigt, som det stærkt voksende Arbejdsstof endda vanskelig kan besørge af dette Antal. Elektricitetskommissionens Medlemmer beskikkes af Ministeriet for offentlige Arbejder for 6 Aar; Formanden beskikkes af Kongen for samme Aaremaal.

Jeg vender nu tilbage til Sikkerhedsbestemmelserne.



Foruden de direkte Bestemmelser om, hvorledes Anlægene skal udføres og drives, som optages i Reglement med tilhørende Forskrifter, hjemler Lov og Reglement nemlig en vis yderligere Adgang til Kontrol med Anlæggenes Forsvarlighed gennem Krav

1. om Anmeldelse af alle Anlæg;
2. om Tilsyn med visse Anlæg og
3. om visse Kvalifikationer hos Installatører af Stærkstrømsanlæg.

1. **Anmeldelse.** Alle Stærkstrømsanlæg skal anmeldes for Elektricitetskommissionen. Ved Lovens Ikrafttræden i 1907 blev Anmeldelser af alle daværende Anlæg indkaldte, og senere maa intet nyt Anlæg aabnes for Drift uden at være anmeldt, og naar forhaabentlig om kort Tid Stærkstrømsloven udvides til at gælde for de generhvervede sønderjyske Landsdele, vil ogsaa de derværende Anlæg blive foranlediget anmeldte. Anmeldelsens Indhold er forskelligt for Højspændings- og Lavspændingsanlæg; for de sidste kræves kun Udfyldning af et Skema af ret summarisk Indhold, medens Anmeldelsesskemaerne for Højspændingsanlæg kræver indgaaende Oplysninger og skal være ledsagede af detaillerede Planer. — Anmeldelsens Formaal er selvfølgelig, at Elektricitetskommissionen til enhver Tid kan have Rede paa, hvilke Anlæg der findes, og benytte sin Adgang til at efterse Anlægene og eventuelt sætte dem under Kommissionens Tilsyn.

2. Det er ikke alle Stærkstrømsanlæg, der sættes under Kommissionens Tilsyn. Lovens § 1 c nævner en Række Kategorier af Anlæg, som kan sættes under Tilsyn, men da deriblandt ogsaa er nævnt »Virksomheder, der er undergivne Arbejds- og Fabriktilsyn i Henhold til Lov af 11. April 1901, og da dette gælder alle Elektricitetsværker, vilde der i Virkeligheden ikke fra Lovens Side være noget til Hinder for at sætte alle Stærkstrømsanlæg under Tilsyn. — Saa vidt er man imidlertid langt fra gaaet, fordi man ikke har fundet det nødvendigt. De Anlæg, der sættes under Tilsyn, er saadanne, der medfører en særlig Fare, enten Livsfare eller Brand- og Eksplosionsfare. De særlig livsfarlige Anlæg, Højspændingsanlægene, sættes altid under Tilsyn baade under Udførelsen og Driften; detaillerede Planer skal indsendes til Elektricitetskommissionens Godkendelse, og Aabning for Drift maa ikke ske uden Kommissionens Tilladelse, der først gives, efter at hele Anlægget, Værket, Ledningsnet og Transformatorstationer er gennemgaaet af Kommissionen og fundet betryggende; under Driften paases det ved aarlige Eftersyn, at Anlægene stadig holdes i god og forsvarlig Stand, og at der ikke uden Kommissionens Godkendelse foretages Udvidelser eller Ændringer. — Vanskeligere er det at afgøre, hvilke Lavspændingsanlæg der som særlig brandfarlige bør sættes under Tilsyn. Fra først af begrænsede man sig i det væsentlige til Anlæg i Teatre og i Fabrikker med brand- eller eksplosionsfarlige Rum, men da der i nogle Aar — omkring 1911 og 1912 — fandt et forholdsvis stort Antal Brande Sted paa Landet, for hvis Opstaaen de i Ejendommene værende Stærkstrømsanlæg i hvert Fald fik Skylden, foretog man efter indtrængende Anmodning af Forsikringsselskaberne et almindeligt Eftersyn af alle nogenlunde betydelige Elektricitetsværker paa Landet med det Resultat, at de Værker, ved hvis Centraler, Ledningsnet og tilsluttede Installationer der fandtes Mang-

ler af Betydning, blev satte under Tilsyn. Saadanne Tilsyn hæves paa Begæring, naar Anlægene efter gentagne Eftersyn har vist sig at være bragte i god Orden.

For Tilsynene med Anlægene erlægger hvert Anlæg en Godtgørelse til Statskassen, der fastsættes efter derom af Ministeriet for offentlige Arbejder godkendte Regler.

For en Ordens Skyld skal jeg nævne, at Lovens § 18, 2det Stykke, bestemmer, at de Statsmyndigheder, der raa-der over Stærkstrømsanlæg, selv paaser, at disse er i Overensstemmelse med Lov og Reglement, samt at samme §'s 1ste Stk. bemyndiger Ministeren til paa Elektricitetskommissionens Indstilling at overdrage Tilsynet med kommunale Anlæg til de paagældende Kommuner selv.

3. Spørgsmaalet om at sikre sig, at elektriske Installatører er i Besiddelse af de til deres Gernings Udøvelse nødvendige Kvalifikationer, er oprindeligt af Lovgivningen behandlet som et kommunalt Spørgsmaal, fælles for Vand-, Gas- og Elektricitetsværker samt Kloak- og Spildevandsledninger, idet Lov Nr. 9 af 23. Januar 1903 § 1 bestemmer, at »Kommunalbestyrelsen i en Købstad, Handelsplads eller Sognekommune skal være bemyndiget til at beslutte, at ingen maa paatage sig at udføre noget Arbejde ved Vand-, Gas- eller Elektricitetsværker samt Kloakledninger og indvendige Husspildevandsledninger, .... uden at have faaet Bemyndigelse dertil af vedkommende Kommunalbestyrelse«. Dette vil altsaa sige, at efter den daværende Lovgivning kunde enhver udøve Installatørgerning, saalænge vedkommende Kommunalbestyrelse ikke ved et Dekret havde inddraget dette Spørgsmaal under sit Myndighedsomraade; naar dette var sket, var paa den anden Side Kommunalbestyrelsen ganske suveræn med Hensyn til, hvem den vilde autorisere som Installatører. Disse Regler maatte, efterhaanden som Stærkstrømsanlægene fik større Udbredelse, vise sig ganske utilfredsstillende. Dels kunde det ikke ventes, at navnlig de mindre Kommunalbestyrelser vilde vise Spørgsmaalet den Interesse det fortjener, og ved Autorisationer holde sig fri for en Række ganske uvedkommende Hensyn, dels medførte den Omstændighed, at de betydningsfuldeste Anlæg kom til at strække sig over flere Kommuner, at den enkelte Kommunalbestyrelse ikke kunde være ene om at løse Spørgsmaalet for sit Omraades Vedkommende. Under Hensyn hertil bestemmer Stærkstrømslovens § 4, at det vel skal have sit Forblivende ved Loven af 1903, men at dog kun Personer, der har bestaaet en af Ministeren for offentlige Arbejder godkendt Prøve for elektriske Installatører, skal være berettigede til at paatage sig Udførelsen og Vedligeholdelsen af saadanne Stærkstrømsanlæg, der ere satte under Kommissionens Tilsyn. Paa den anden Side skal de, der har bestaaet en saadan Prøve, have Ret til at paatage sig elektriske Installationer overalt i Landet. Hermed er der — som De vil se — sket to Ting: Spørgsmaalet om Installatørberettigelsen er, forsaavidt angaar Anlæg under Tilsyn, blevet gjort til en Stats sag, ikke længere en kommunal Sag, og der er ikke længere Tale om en paa mer eller mindre vilkaarligt Grundlag hvilende Autorisation, men Installatørberettigelsen er afhængig af, at vedkommende har bestaaet en Prøve, for hvis Afholdelse og Indhold der er givet bestemte Regler.

Ifølge ministeriel Bekendtgørelse af 15. December 1917 er de Prøver, som Ministeren i Henhold til Loven har godkendt, følgende:



- I. Den polytekniske Lærestalts Eksamen for Elektroingeniører, forsaavidt den er bestaaet med 1. eller 2. Karakter.
- II. De af Københavns Belysningsvæsen i Aarene 1903—1909 afholdte Installatørprøver.
- III. En af Ministeren i selve Bekendtgørelsen nærmere foreskrevne Prøve, som for Tiden de tekniske Skoler i København, Aarhus og Helsingør er berettigede til at afholde.
- IV. Den Prøve for Elektrokonstruktører, som afholdes af »Det tekniske Selskab« i København og af Aarhus tekniske Skole, forsaavidt den er bestaaet med en Gennemsnitskarakter af mindst 3 Points i de elektrotekniske Fag.
- V. Den i Bekendtgørelse Nr. 349 af 5. December 1911 fra Ministeriet for Handel og Søfart omhandlede Tilægsprøve for elektriske Installatører.
- VI. Den af Kommunalbestyrelserne i København, Frederiksberg, Gentofte, Aarhus og Odense vedtagne kommunale Elektroinstallatørprøve, men — vel at mærke — denne sidste Prøve berettiger kun til at beskæftige sig med Lavspændingsanlæg.

Der er altsaa forsaavidt et rigeligt Udvalg af Prøver, men desuagtet kan det jo hændes, at der er Folk, som maa erkendes at være i Besiddelse af de ved Prøverne krævede Fagkundskaber, men som det dog t. Eks. paa Grund af deres Alder og maaske mangeaarige Virksomhed under den tidligere Ordning, vilde være urimeligt at tvinge til Eksaminationsbordet ved en af Skolerne. For saadannes Vedkommende har Ministeriet for offentlige Arbejder ved Bekendtgørelser af 6. Oktober 1909 og ovennævnte Bekendtgørelse af 15. December 1917 § 9 bemyndiget Elektricitetskommissionen til som en Overgangsbestemmelse at afholde en særlig Prøve, der efter Omstændighederne kan indskrænkes til en Undersøgelse af den paagældendes Kvalifikationer eventuelt i Forbindelse med en kort mundtlig Prøve.

Foruden den Sikkerhed for Installatørernes forsvarlige Udførelse af deres Arbejder, som gerne skulde opnaas gennem Kravet om Prøver, giver Stærkstrømslovens § 4, 2det Stk., Elektricitetskommissionen Berettigelse til at undersøge, hvorvidt Installatører udfører de dem overdragne Arbejder paa tilfredsstillende Maade. Findes dette ikke at være Tilfældet, kan Kommissionen ikende den paagældende en Bøde paa indtil 100 Kr. og i særlig grove eller Gentagelsestilfælde kan Kommissionen under Appel til Ministeren erklære den ved en godkendt Prøve erhvervede Ret til at virke som Installatør for forbrudt. Denne sidste Beføjelse har Kommissionen endnu aldrig fundet Anledning til at gøre Brug af; derimod benyttes Bødestraf ikke helt sjældent overfor Installatører baade med og uden godkendt Prøve, og denne Disciplinærmyndighed synes trods Bødernes Lidenhed at være et ikke uvirksomt Middel til at faa Installatørerne til at præstere forsvarligt Arbejde.

Inden vi forlader Lovens Sikkerhedsbestemmelser maa endelig dens § 3 nævnes; den siger:

»Elektriske Stærkstrømsanlæg maa ikke medføre Fare for anden Mands Ejendom eller udsætte Driften af andre allerede bestaaende Virksomheder for Forstyrrelse. Kan saadanne Forstyrrelser undgaas ved Iværksættelse af Sik-

kerhedsforanstaltninger, bliver disse at udføre paa det nye Anlægs Bekostning, dog skal den ældre Virksomhed kunne tilpligtes at bære en passende Del af Bekostningen, hvis Foranstaltningernes Iværksættelse tillige medfører væsentlige Fordele for dens fremtidige Udøvelse.

Spørgsmaal om:

- a. hvorvidt et elektrisk Stærkstrømsanlæg udsætter Driften af en allerede bestaaende Virksomhed for Forstyrrelse,
- b. hvilke Sikkerhedsforanstaltninger der skal træffes for at udelukke saadan Forstyrrelse,
- c. hvem der skal bringe de paagældende Foranstaltninger til Udførelse, og
- d. om og i hvilket Omfang den ældre Virksomhed skal deltage i Udgifterne herved,

afgøres, forsaavidt der ikke kan opnaas Overenskomst herom, med endelig og forbindende Virkning for Parterne af et Nævn, bestaaende af 3 Medlemmer, hvoraf det ene, der fungerer som Formand, udnævnes af Ministeren for offentlige Arbejder for 6 Aar ad Gangen, medens de 2 andre Medlemmer for hvert enkelt Tilfælde udnævnes af Elektricitetskommissionen uden for dens egen Midte.

Nævnet kan bestemme, at Stærkstrømsanlægets Udførelse eller Drift ikke maa paabegyndes, forinden de Sikkerhedsforanstaltninger, som findes nødvendige, er truffet.

Nævnet fastsætter i sin Kendelse, hvem af Parterne der skal bære Omkostningerne ved dets Behandling af Sagen og med hvilket Beløb. Spørgsmaalet om Omkostningernes Størrelse kan dog indankes for Ministeren for offentlige Arbejder; saadan Paaankning skal finde Sted inden 14 Dage efter Kendelsens Forkyndelse.

Denne § handler altsaa væsentligst om det, vi i kort Begreb kan kalde Konflikter mellem Stærkstrøm og Svagstrøm, omend ogsaa andre Tilfælde kan falde ind under den. Grunden til, at det er anset nødvendigt at give særlige Bestemmelser paa dette Omraade, er let at se. Naturligvis skal i saadanne Tilfælde Reglementets Bestemmelser overholdes; men intet Reglement vil kunne være saa detailleret, at det eo ipso vil kunne dække over alle de mangfoldige Kombinationer, som her kan fremkomme. For at træffe den bedst mulige Afgørelse i hvert enkelt Tilfælde og for navnlig ogsaa at kunne faa en Afgørelse af de undertiden meget betydelige Pengespørgsmaal, som disse Sager rummer, hjemler Lovens Nedsættelse af Nævn, hvis Sammensætning meget minder om Dansk Ingeniørforenings Voldgiftsdomstole. Nævnet staar imidlertid ikke helt frit i sin Afgørelse. Lovens, der i øvrigt efter sin Tekst kun omhandler Tilfælde, hvor Stærkstrømsanlægget er det sidst tilkomne Anlæg, slaar fast som Hovedregel, at det yngre Anlæg skal bære Omkostningerne ved de nødvendige Sikringsforanstaltninger, med mindre disse netop medfører væsentlige Fordele for den ældre Virksomheds fremtidige Udøvelse. Det klassiske Eksempel herpaa er den ved de elektriske Sporvejes Indførelse nødvendiggjorte Overgang fra Telefonenkeltledninger til Telefondobbeltledninger. De Tilfælde der her hjemme har forekommet af denne Art i København, paa Frederiksberg, i Aarhus og Odense er imidlertid i det væsentlige ældre end Stærkstrømsloven, og Spørgsmaalene blev overalt løste ad forligsmæssig Vej.



Foruden de Sikkerhedsbestemmelser af forskellig Art, jeg nu har omtalt, giver Loven i sit Kapitel 2 som Konsekvens af Stærkstrømsanlæggenes farlige Karakter Hjemmel for, at Ejerne af saadanne Anlæg, hvis disse forvolder Skade, skal være erstatningspligtige for saadan Skade efter Regler, der er strengere end dansk Rets almindelige Regler om Erstatningspligt. Skønt disse Erstatningsregler er specielt angivne i Lovens §§ 5—7, er de dog ikke væsentlig forskellige fra, hvad der gælder om andre, af Lovgivningen som farlige betragtede Anlæg og Virksomheder; tilsvarende Erstatningsregler blev først ved en Lov af 26. Marts 1898, hvortil Gentoftelykken var Foranledningen, givne for Tab og Skade ved Jærnbandedrift og er senere bl. a. ogsaa optagne i Automobillovene. Da der saaledes ikke her er Tale om noget for elektriske Stærkstrømsanlæg særskilt, skal jeg begrænse mig til derom at nævne, at Bevisbyrden for, at der ikke ved Anlæggets Drift er vist nogen Art af Uagtsomhed, er lagt over paa Anlæggets Ejers, hvilket faktisk gør det meget vanskeligt for denne at undgaa Erstatningsansvar, naar det foreligger godtgjort, at Skaden hidrører fra Stærkstrømsanlægget, samt at Lovens § 6 hjemler Adgang til ogsaa at lade Erstatningen omfatte Tab af Forsørger og andet, som det i alt Fald kan være tvivlsomt, om de almindelige Erstatningsregler vilde kunne føre til.

Hidtil har vi kun beskæftiget os med Bestemmelser, som lægger Baand, Indskrænkninger og Byrder paa Stærkstrømsanlægene og deres Indehavere; i sit Kapitel 3 vender Loven imidlertid sin anden Side til og giver Stærkstrømsanlægene visse særlige Rettigheder for at lette deres Udbredelse. Saalænge der kun var Tale om smaa Lavspændingsanlæg i Landsbyerne, kunde man saa nogenlunde forhandle sig til Rette om Ledningernes Fremføring, men da Højspændingsanlægene med Udbredelse over store vidtstrakte Omraader tog Fart, fordi man erkendte, at dette var den mest økonomiske Maade at skaffe Befolkningerne Adgang til elektrisk Lys og Kraft, blev det samtidig en Nødvendighed, at Loven skabte Mulighed for at hindre Modstand mod deres Fremførelse; det kunde ikke være en enkelt genstridig Sognekommune endsige en enkelt privat Lodsejers Sag ved Nægtelse af Ret til Opstilling af Master eller Transformatorstationer at hindre et stort, almennyttigt Anlægs Gennemførelse. Der maatte med andre Ord aabnes Adgang til Ekspropriation, og det er netop dette, som er Genstand for Ordning i Lovens Kapitel 3.

En nøjere Redegørelse for dette Kapitels Indhold tillader Tiden ikke her at give; jeg maa henvise Dem, der ønsker at sætte sig nøjere ind deri til »Teknisk Tidsskrift« for 1917 Nr. 16, hvor der findes optaget et Foredrag om Emnet, som jeg i sin Tid holdt i Elektroteknisk Forening; skulde nogen ønske Særtryk deraf, staar et begrænset Antal Særtryk til Raadighed ved Henvendelse til Elektricitetskommissionen.

Hermed tror jeg i det væsentlige at have gennemgaaet Hovedtrækkene af den for Tiden gældende danske Stærkstrømslovgivning. Jeg kunde tænke mig, at man mulig nu kunde ønske at høre noget om, hvorvidt disse Lovbestemmelser i deres godt 13aarige Levetid skønnes at have virket tilfredsstillende. En indgaaende Drøftelse heraf tillader Tiden ikke; det maatte jo i væsentlig Grad blive D'Herrer som udtalte sig herom; men jeg maa have Lov

at omtale et Par enkelte Spørgsmaal af særlig Betydning nemlig Spørgsmaalet om, hvorvidt den uindskrænkede Ret til Udførelse af Stærkstrømsanlæg indenfor Sikkerhedsbestemmelsernes Ramme bør opretholdes, og Spørgsmaalet om Konflikten mellem Stærkstrøm og Svagstrøm.

Der har været Tider, hvor man fra Ingeniørernes Kreds under Henvisning til, at Udviklingen af Stærkstrømsanlægene ikke skete saaledes, som man baade af ingeniørmæssige og samfundsøkonomiske Grunde maatte finde det rigtigst, har rejst Ønske om, at Staten skulde gribe ind og ved en regulerende Lovgivning rettlede Udviklingen. — Uindskrænket Frihed fører altid visse Ulemper med sig, og der har nogle faa Gange i de forløbne Aar været Tilfælde, hvor man har projekteret ind i hinanden gribende Højspændingsanlæg paa en saadan, jeg kan godt sige, vanvittig Maade, at man i første Øjeblik virkelig kunde ønske at have Loven til Hjælp; men det er dog hver Gang lykkedes ved en fornuftig Indgriben uden Tvang at faa en rimelig Ordning tilvejebragt, og kan — som jeg lige har sagt — Friheden undertiden medføre visse Ulemper, saa er det lige saa sikkert, at Loven altid virker som Baand og Tvang, og at det alle Dage og paa alle Omraader har været vanskeligt at faa Loven med dens stive, ensartede Karakter til at virke tilfredsstillende i de mange enkelte Tilfælde, som Livets brogede Mangfoldighed nu en Gang skaber. For mit Vedkommende er jeg derfor ikke i nogen Tvivl om, at man skal holde paa Friheden, og at de, der først og fremmest er kaldede til at holde paa den, er Ingeniørerne.

Vanskeligere er det andet Spørgsmaal, jeg nævnede angaaende Konflikten mellem Stærkstrøm og Svagstrøm. Her maa nemlig gives Lovregler paa et Omraade, hvor ikke blot vigtige og vanskelige ingeniørmæssige Spørgsmaal først kræver en Afgørelse, men hvor ogsaa vidtrækkende Pengeinteresser staar paa Spil og sætter Sindene i en dertil svarende Bevægelse. Stærkstrømsloven har nu sikkert grebet rigtigt, naar den i sin § 3 har henvist disse Spørgsmaal til Afgørelse ved særlige, sagkyndige Nævn, men — som jeg før udviklede for Dem — har Loven ikke begrænset sig til Indførelse af Nævn; den har bundet Nævnene til en Regel om, at det ældre Anlæg altid skal have Fortrinet, og denne Regel kan der vistnok med Føje rejses Tvivl om Rigtigheden af. Den eneste ansete Jurist, som saavidt mig bekendt, har beskæftiget sig med disse Spørgsmaal, nemlig afdøde Professor Meili i Zürich, er med stor Styrke draget til Felts mod denne efter hans Mening ganske urimelige Regel, der foretager Afgørelsen efter en mer eller mindre tilfældig tidsmæssig Prioritet; han hævder i Modsætning dertil, at der i Tilfælde som de heromhandlede er Tale om Ordning af en Række sammenstødende Interesser, som maa ordnes efter det enkelte Tilfældes Beskaffenhed under behørig Hensyntagen til alle de samfundsmæssige Interesser, Stærkstrøm, Svagstrøm, Veje og Jærnbaner, som staar paa Spil. Jeg er tilbøjelig til at tro, at han har Ret, men Spørgsmaalet er egentligt ikke aktuelt som Retsspørgsmaal, thi først maa D'Herrer Ingeniører paa Stærkstrøms- og Svagstrømsomraaderne se at blive enige om Hovedprincipperne for Ordningen, saa skal Retsvidenskab og Administration nok være rede til at bringe Sagen i behørig lovmæssig Orden.

Og lad mig saa til Slutning kun sige dette i al Almindelighed:



Det er ikke Loven, der laver Stærkstrømsanlæg, men Ingeniørerne, og er der Vanskeligheder, vil disse kun i yderst faa Tilfælde kunne afhjælpes ved at rette paa Loven. Lad mig have Lov til at bruge en Sammenligning. I en Gymnastiksal er det naturligvis altid af Betydning, at Springmaskinerne og de øvrige Apparater er i den bedst mulige Orden; men det er ikke det vigtigste; det vigtigste er, at der er nogle, som kan og vil springe, saa skal de nok klare Vanskelighederne, selv om en af Springmaskinerne staar skævt, eller der mangler en Ribbe i en Ribbevæg. Lovens Springmaskiner her i Landet kan maaske

for Tiden have deres Mangler; men de kan godt bruges, og lad os saa ikke bringe Forstyrrelse i det hele ved at rette paa dem, saalænge Gymnastikken iøvrigt gaar saa godt. Thi det skal siges til danske Elektroingeniørers Ære — og jeg er vel et af de udenforstaaende Vidner, som bedst har Lov at tale med — at de har klaret de umaadelige Vanskeligheder, som en rivende teknisk Udvikling og en ødelæggende Verdenskrig har rejst for en sund Udvikling, med Bravur. Maa Danmark blot have og faa en saa god Stærkstrømslovgivning, som dets Elektroingeniører gør sig fortjente til, saa er vi paa den sikre Side.



## Den svenska elektriska standardiseringskommittén, dess organisation och arbetsresultat.

Av ingenjör B. Traneus.

### Inledning.

Standardiseringen är en fråga, som i våra dagar ligger så att säga i luften. Man behöver knappast vara speciellt sysselsatt på detta område för att bli påmint därom. Ty utöver de tekniska och industriella fackpublikationernas spalter har standardiseringsfrågan trängt ut till dagspressen och därigenom nått den stora allmänheten. Får man anledning att närmare studera problemet, finner man snart, att det arbetas intensivt på standardiseringen i våra dagar. Detta gäller om så gott som alla kulturländer och om nästan varje industrigren. Icke minst arbete presteras av elektroteknikens män, och det får därför anses vara i överensstämmelse med tidens anda, att standardiseringsfrågan blir bragt under diskussion vid det 1:a nordiska elektroteknikermötet.

Elektriska standardiseringskommittén i Sverige (E. S. K.) framsprang ur samma behov, som i övriga länder under och ännu mera efter världskriget dikterat en forcering av standardiseringsarbetet, nämligen nödvändigheten att förenhetliga halvfabrikaten och begränsa antalet utföringsformer för helfabrikaten för att därigenom ernå en möjligast ekonomisk produktion. Hos oss liksom överallt annorstädes såg man häri en av vägarna till den sparsamhet med arbete och material, vilken är nödvändig för världens återuppbyggande.

Före E. S. K:s tillkomst hade man visserligen sysslat med elektroteknisk standardisering även hos oss. Varje större industriföretag hade naturligtvis sin tillverkning mer eller mindre standardiserad, men ett samarbete i frågan, en centralorganisation för det hela fattades. Likaledes hade Svenska teknologföreningen skapat ett antal värdefulla normer för provning av maskiner, transformatorer, apparater och ledningar m. m. Svenska elektricitetsverksföreningen hade uppgjort standardföreskrifter för utförandet av elektriska installationer för låg- och högspänning samt hade dessutom utarbetat standardtyper för diverse elektriskt installationsmaterial. Den av regeringen tillsatta elektrifieringskommittén har till ändamål att verka för en planmässig elektrifiering av landsbygden, vari bl. a. ingår att standardisera spänningar, linjedetaljer etc. Men någon standardisering av industriprodukterna, gemensam för samtliga tillverkare inom en viss bransch, förefanns ej, förrän Sveriges elektroindustriförening för ungefär halvtannat år sedan tog saken om hand.

Det ansågs då först och främst av betydelse att studera organisationen av det elektrotekniska standardiseringsarbetet i utlandet för att därur kunna få fram de bästa riktlinjerna. En kort orientering häröver kan måhända vara av intresse.

### Utländska standardiseringsorganisationer.

England har sedan 20 år tillbaka en standardiseringskommitté, som för ett par år sedan omorganiserades under namn av British engineering standards association och numera vunnit en imponerande omfattning. Där arbeta sålunda omkring 300 specialkommittéer, och cirka 1 400 medlemmar ägna sig helt åt standardiseringsarbetet, som är starkt centraliserat.

I England pointeras skarpt nödvändigheten av ett lika tillvaratagande av tillverkares och förbrukares intressen vid standardiseringen. Sålunda medverka alla landets tekniska, industriella och merkantila sammanslutningar, statsdepartement och andra officiella institutioner, vetenskapliga sällskap osv. I spetsen för organisationen står en huvudkommitté, under denna ett antal avdelningskommittéer för olika branscher, vilka i sin tur under sig hava specialkommittéer. Dessa slutligen kunna tillsätta subkommittéer för ytterligare uppdelning av arbetet. De elektrotekniska frågorna handhavas av den engelska sektionen av Internationella elektrotekniska kommissionen, antalet därunder sorterande kommittéer utgör ett 40-tal.

Grundlinjerna för standardiseringen uppdragas i avdelningskommittéerna, under det att själva arbetet utföres i special- eller subkommittéerna. När normförslagen äro utarbetade, gå de till avdelningskommittéerna för diskussion. Efter godkännande i denna instans granskas de i huvudkommittén och offentliggöras därefter.

Karaktäristiskt för England är i övrigt statens livliga intresse för arbetet, som bl. a. tager sig uttryck i mycket avsevärda ekonomiska bidrag. Det är klart, att en sådan jätteorganisation måste sluka betydliga summor. För de närmast planerade arbetena beräknas sålunda kostnaderna till 300 000 kronor. Stora summor offras också på översättning av de engelska normerna till främmande språk och deras spridning i utlandet, för vilket ändamål lokala kommittéer finnas i världens viktigaste handelscentra.

Förenta staterna hava kanske kommit längst i fråga om standardisering, men arbetet har där varit mycket splittrat, varigenom dubbelprestationer med därav följande nackdelar varit oundvikliga. De olika tekniska och industriella sammanslutningarna hava arbetat var för sig, liksom så hava t. ex. de stora järnvägsbolagen sina egna normer, så att samma sak bearbetats på flera håll.

Småningom trängde dock insikten om nödvändigheten av centralisering igenom, varför man till att börja med försökte ett samarbete mellan de olika korporationerna, vilket emellertid slog mindre väl ut. Därför startades för



några år sedan en American engineering standards committee under medverkan av olika föreningar och statsdepartement.

En centralkommitté omhänderhar organisationen, samarbetet och ledningen av det hela. Sektionskommittéer tillsätts för varje standardiseringsgrupp, inom dessa utarbetas standardnormerna efter direktiv från den inom sektionskommittén representerade korporation, som anses hava de största förutsättningarna härför.

Om det sålunda centraliserade amerikanska standardiseringsarbetet kan i övrigt nämnas, att det uteslutande baserar sin ekonomi på bidrag från de intresserade föreningarna och industrierna, då lagstiftningen ej tillåter några statsbidrag för ändamålet.

Frankrike skapade för ett par år sedan en Commission permanente de standardisation, sammansatt av representanter för statsministerier och tekniska föreningar samt förenad med en teknisk byrå för insamling av material, bearbetning av detsamma etc. Denna kommitté tillsätter i sin tur subkommissioner med uppdrag att studera var sitt tekniska område samt utarbeta förslag. Håri fungera representanter för industriella grupper eller sammanslutningar som konsulterande. Sedan de utarbetade förslagen förelagts Commission permanente, låter denna trycka desamma, varefter yttranden infordras från samtliga subkommissioner samtidigt med att meddelande göres i den tekniska pressen. Dessutom underställas förslagen kritik från statsförvaltningen, tekniska och vetenskapliga föreningar mfl. Efter behandling av eventuella anmärkningar sanktioneras förslagen av Commission permanente samt underställas resp. ministerier, som granska dem genom sina speciella sakkunniga. I erforderliga fall kunna de återremitteras till förnyad behandling. Kan ej enighet uppnås, äger vederbörande minister beslutanderätt. Officiell giltighet erhålla normerna genom sin tillämpning för offentliga arbeten.

Det är, som synes, en ganska invecklad procedur att standardisera i Frankrike, måhända härrörande från statsmyndigheternas intima medverkan i arbetet. Å ena sidan införes antagligen härigenom en onödig byråkrati i arbetet, å den andra sidan få emellertid normerna ett starkt stöd och laglig giltighet. Huruvida statsintresset även yttrar sig i pekuniära bidrag är ej bekant.

Som subkommission för elektroteknik tjänstgör den franska sektionen av Internationella elektrotekniska kommissionen. Utom de internationella normerna samt dem, som härröra från Commission permanente, finnas i Frankrike ett tredje slag av normer, nämligen sådana, som endast antagits av Union des syndicats de l'électricité, en sammanslutning mellan såväl producenter som konsumenter inom den elektriska branschen, som ej samordnats med det mera officiella standardiseringsarbetet, varför dess normer endast hava officiös karaktär.

Tyskland har ävenledes en standardiseringsapparat av enorma dimensioner, nämligen Normenausschuss der deutschen Industrie, som bildades för tre år sedan för att centralisera det hittills mycket splittrade standardiseringsarbetet. I spetsen för detsamma står en styrelse och under denna ett råd på närmare 150 medlemmar, utgörande representanter för alla intresserade kretsar. Här försiggår den slutliga granskningen av normerna.

Uppgiften att i stora drag leda, befordra och övervaka

standardiseringsarbetet åligger ett centralutskott, sammansatt av representanter för myndigheter, institutioner, tekniska och industriella föreningar osv., tillsammans över 50 st. Själva detaljarbetet utföres i arbetsutskott, vars förslag först gå till ett kontrollställe och sedan publiceras för kritik. Framställda anmärkningar prövas i arbetsutskottet, varefter förslagen för slutgranskning remitteras till rådet, vari samtliga arbetsutskotts ordförande även hava säte.

Normerna uppdelas i allmänna och facknormer, och arbetsutskotten äro på motsvarande sätt skilda. Sålunda behandlas alla elektrotekniska frågor genom Verband deutscher Elektrotechniker, som redan förut skett. Här äro såväl konsumenter och myndigheter som producenter förenade. De senare samarbeta ej direkt med V. D. E., utan genom sitt centralförbund, som upprättat en särskild standardiseringsbyrå.

Några uppgifter rörande det tyska standardiseringsarbetets finansiering hava ej stått till förfogande. Av ingångna upplysningar att döma baserar det sig i stor skala på gratisarbete av myndigheternas, industriernas och andra sakkunniga. Om arbetets omfattning får man ett begrepp genom siffran på hittills, dvs. under knappa tre år, bearbetade normer, som närmar sig 600-talet.

Holland äger sedan 1916 en »huvudkommission för normalisering i Nederländerna», vars kontor bär namnet Centraal normalisatie bureau, redan därigenom antydande, att arbetet är centraliserat. I själva verket sysslar också nämnda centralbyrå med standardisering på alla tekniska områden och är för detta ändamål uppdelad på olika sektioner, som direkt samarbeta med industrier och myndigheter.

Belgien har en Association belge de standardisation, som likaledes tagit upp standardiseringen i hela dess vidd på sitt program. Liksom i England och Frankrike har landets sektion av den Internationella elektrotekniska kommissionen de elektrotekniska frågorna om hand. Intressant är för övrigt det faktum, att från belgiskt håll med särskild styrka framhäves önskvärdheten av en internationell standardiseringsorganisation.

Schweiz saknar hittills ett centralställe för standardisering, vilket likväl ej innebär, att man där icke gör något åt saken. Tvärtom arbetar Schweizerischer elektrotechnischer Verein intensivt inom sitt fack, liksom Verein schweizerischer Maschinenindustrieller inom den mekaniska industrien. Den förra sammanslutningen bearbetar genom sitt generalsekretariat standardiseringsfrågorna, vilka därefter diskuteras och slutbehandlas vid föreningens årsmöten. Frågor rörande elektrisk bandrift handhavas av statens järnvägsdepartement, som vidtagit åtskilliga standardiseringsåtgärder på detta område.

Italien synes ej heller hava centraliserat arbetet, utan elektroteknikerna arbeta för sig, den mekaniska industrien för sig osv.<sup>1)</sup>

#### E. S. K:s organisation och arbetssätt.

Dessa voro de viktigaste uppgifter, som stodo att inhämta till ledning för vårt arbetes organisation, vilken

<sup>1)</sup> Sedan föredragets hållande har meddelande ingått om bildandet av Schweizerischer Normalien-Bundt, som skall utgöra ett centralställe för standardiseringen i Schweiz. Även i Italien är en motsvarande organisation planerad, förmåles därifrån.



efter grundliga diskussioner planlades enligt följande riktlinjer:

Centralisering är nödvändig, men en hopkoppling med andra industrigrenar ställes på framtiden, då det viktigaste är, att den elektriska branschen samlar sig.

Fabrikanters och konsumenters intressen måste i lika grad tillvaratagas, varför en allsidig representation av alla berörda korporationer både i de arbetande och beslutande delarna av organisationen måste eftersträvas.

Normförslagets behandling måste å ena sidan undvika all onödig formalism, men å andra sidan gestaltas så, att en grundlig prövning föregår deras definitiva antagande.

Elektriska standardiseringskommittén organiserades sålunda enligt följande program:

Den har till uppgift att standardisera elektriska fabrikat och utförandet av elektriska anläggningar, men äger ej att besluta över sådant standardiseringsarbete, som f. n. bedrivs av Svenska elektrotekniska kommittén, Svenska teknologföreningen, Svenska elektricitetsverksföreningen och K. elektrifieringskommittén. Anledningen till den senare bestämmelsen är, att man beträffande Svenska elektrotekniska kommittén, vilken är en avläggare av Internationella elektrotekniska kommissionen, först velat avvakta tendenserna hos det internationella standardiseringsarbetet efter kriget, innan man samordnade E. S. K. med detta. Vad Teknologföreningen och Elektricitetsverksföreningen angår, så pågå där en del arbeten, som ansetts böra slutföras oberoende av E. S. K. Elektrifieringskommittén slutligen arbetar på uppdrag av staten och kan av denna grund ej underordnas E. S. K. All hänsyn skal dock tagas till dessa korporationers standardiseringsarbeten, så att E. S. K:s normer ej komma i strid med desamma.

Då man emellertid naturligtvis syftar till en fullständig centralisering, föreskriver arbetsordningen dessutom, att före 1920 års utgång skall förslag hava utarbetats till organisation av en institution för omhändertagande av allt standardiseringsarbete inom det elektrotekniska området. E. S. K. i sin nuvarande form är sålunda att anse som en provisorisk anordning, avsedd att ersättas av en mera permanent organisation efter innevarande års utgång. För min personliga del har jag emellertid den uppfattningen, att man tilltagit övergångstiden mellan den nuvarande decentralisationen och den framtida centralisationen väl kort, så att E. S. K. därför även under nästa år kommer att fungera i sin nuvarande form. Till den tiden hava kanske utsikterna för en internationell standardisering klarnat och inom landet på andra håll pågående arbeten hunnit slutföras, vilket knappast torde bli fallet vid kommande årsskifte.

E. S. K. består av 18 ledamöter, varav Svenska teknologföreningen och Sveriges elektroindustriförening — den senare en sammanslutning mellan landets fabrikerande firmor — tillsätta vardera 6, Elektriska inspektionen, som är statens kontrollorgan för elektriska anläggningar, 2 samt Elektricitetsverksföreningen, K. vattenfallsstyrelsen, K. järnvägsstyrelsens elektrotekniska byrå och Elektriska entreprenörsföreningen, denna sistnämnda en sammanslutning mellan landets elektriska installationsfirmor, vardera 1 ledamot. Dessutom utses suppleanter för samtliga 18 ledamöter.

Denna sammansättning innebär en ganska allsidig representation av intresserade kretsar både vad myndigheter, förbrukare och tillverkare angår. I samlingen saknas den förutnämnda Elektrifieringskommittén och Tarifföreningen, en sammanslutning mellan landets brandförsäkringsbolag, vilka hava ett visst intresse för standardiseringsarbetet, samt Svenska spårvägsföreningen, en sammanslutning mellan landets spårvägsförvaltningar. Dessa tre äro emellertid representerade genom Teknologföreningens suppleanter.

Utarbetandet av förslagen till standardnormer sker i utskott, vilka sammansättas av välkvalificerade fackmän inom resp. specialområden med hänsyn tagen dels till möjligheten av billig tillverkning inom landet — en fabrikanterpunkt — dels till fabrikatens ur soliditets- och säkerhetssynpunkt nödvändiga egenskaper — en konsumenterpunkt.

Arbetets gång blir den följande. Då inom kommittén förslag väckes i någon standardiseringsfråga, bestämes, om förslaget godkännes, huru många korporationer och firmor, som skola vara representerade i utskottet, varefter dessa inbjudas att tillsätta det bestämda antalet medlemmar. Samtidigt erhåller utskottet riktlinjer för sitt arbete, på basis av vilka den närmast därtill stående medlemmen utarbetar ett arbetsprogram, som föreligger före utskottets konstituerande sammanträde och diskuteras vid detsamma. Sedan enighet uppnåtts rörande arbetets bedrivande, fördelas de härför erforderliga utredningarna etc. på lämpliga medlemmar. Nya sammanträden avhållas i den mån, arbetet skrider framåt, tills detsamma utkristalliserar i ett normförslag. Om erforderligt, tillsättes inom utskottet en redaktionskommitté för det slutliga utarbetandet. När enighet uppnåtts om avfattningen, tryckes förslaget som korrektur och tillsändes samtliga E. S. K:s ledamöter och deras suppleanter, vilka därefter vid ett sammanträde taga ställning till detsamma. Om så anses behöfligt, kallas även utskottsmedlemmarna till detta sammanträde. Anses förslaget ännu ej moget, kan det återremitteras till utskottet för ytterligare behandling. Sedan förslaget blivit godkänt i denna instans, distribueras det efter eventuella jämkningar som bilaga till Teknisk tidskrifts fackupplaga för elektroteknik jämte samtidigt meddelande om den tid, inom vilken anmärkningar mot förslaget måste ingivas, varför hittills 6 veckor ansetts lämpligt. Efter denna tid sammanträder utskottet för behandling av de inkomna anmärkningarna, varefter förslaget i eventuellt reviderat skick åter underställes E. S. K:s prövning för att efter denna slutgranskning fastställas som definitivt att träda i kraft på närmare angiven tidpunkt.

Rörande de rent formella delarna av arbetsordningen må nämnas, att kommittén själv väljer ordförande och vice ordförande. Även utskotten välja själva sin ordförande. Som sekreterare i kommittén fungerar Elektroindustriföreningens ombudsman, vilken dessutom skall kallas till varje utskottssammanträde och där äga yttranderätt, men ej beslutanderätt. Denna senare bestämmelse avsåg att skapa en sammanhållande funktion för det hela. I verkligheten har detta emellertid blivit ännu mera betonat därigenom, att kommitténs sekreterare erhållit enahanda uppdrag i samtliga utskott. Kommittén är beslutsmässig, när minst  $\frac{2}{3}$  av antalet ledamöter eller supplean-



ter för dem äro närvarande. Besluten fattas med  $\frac{2}{3}$  majoritet. För utskotten gälla samma bestämmelser, varvid emellertid bör anmärkas, att någon votering hittills aldrig praktiserats.

Ledamöter av kommitté och utskott uppbära ej något arvode. Erforderliga kostnader för arbetet bestridas av Elektroindustriföreningen.

Det är föreskrivet, att kommittén skall sammanträda minst 10 gånger årligen, liksom i ett par fall en viss tid fastslagits, inom vilken utskottsförslag skulle vara utarbetade. Dylika tidsbestämmelser hava dock visat sig hava en ringa betydelse och därför ej tillämpats.

#### Arbetsresultat och erfarenheter.

Då jag efter denna orientering över Elektriska standardiseringskommitténs organisation och arbetssätt övergår till att redogöra för de hittills uppnådda arbetsresultaten, så måste jag genast förutskicka, att dessa naturligtvis ej kunna vara så storartade på grund av den relativt korta tid, som det aktiva arbetet hittills pågått. Visserligen framlades, som redan nämnt, förslaget till E. S. K. för cirka halvtannat år sedan, närmare bestämt under Sveriges industriförbunds årligen återkommande s. k. industrivecka i början av april 1919, vilken till största delen var ägnad åt standardiseringsfrågan. De förberedande arbetena och organisationens närmare utformning togo emellertid ett par månader i anspråk, så att kommitténs konstituerande sammanträde ej ägde rum förrän den 18. juni 1919.

Vid detta tillfälle tillsattes fem utskott för de frågor, vilkas behandling ansågs mest trängande. Standardiseringen av isolerade ledningar för starkströmsanläggningar var en bland dessa. Utskottet härför bedrev sina arbeten med stor energi, så att ett förslag kunde framläggas i våras, vilket nu är definitivt antaget och träder i kraft den 1 januari 1921. Dessa normer torde vara bland de fullständigaste, som någonstades utarbetats, enligt erkännanden från utländskt håll att döma.

Ett annat utskott fick i uppdrag att utarbeta normer för pådragsanordningar vid elektriska motorer, varvid man speciellt hade i sikte att standardisera anslutningsbestämmelserna för motorer på basis av deras förhållande vid igångsättning. Ett förslag härtill framlades i våras, men blev på grund av inkomna anmärkningar då ej slutbehandlat, vilket emellertid blir fallet under höstens lopp.

Standardiseringen av installationsapparater uppdrogs åt ett tredje utskott, som i första hand skulle utarbeta förslag rörande lamphållare och lampsocklar. Vad Edisongången beträffar föreligger en standard redan antagen, vilken under den närmaste tiden kommer att kompletteras med föreskrifter för nippel, porslinsring och godstjocklek hos lamphållare.

Ett fjärde utskott erhöi till behandling standardiseringen av elektriska tröskvagnar, en med lantbrukets starkt tilltagande elektrifiering mycket viktig fråga. Häri föreligger ett förslag från en redaktionskommitté, vilket i höst kommer att diskuteras inom utskottet, där ganska divergerande meningar rått om huru långt i detalj man borde gå vid standardiseringen.

Slutligen tillsattes vid det konstituerande sammanträdet ett utskott för standardisering av transformatorers tomgångsförluster och tomgångsströmmar, dvs. skapandet

av enhetlig basis för bedömande av årskostnaderna. Som underlag föreligga dels en taxering över tomgångsförlusternas värde, dels en undersökning över transformatorprisets variation med olika värden på förlusterna. Emellertid har det visat sig nödvändigt att även analysera de inom landet tillämpade tarifferna, varför ännu någon tid torde förgå, innan utskottet kan framlägga ett definitivt förslag.

Under innevarande år hava tillkommit ytterligare två utskott. Ett av dessa har till uppdrag att utarbeta normer för jordkablar och kabelgarnityr, varför hittills endast förberedande arbeten medhunnits. Ett annat har den omfattande uppgiften att standardisera elektriskt spårvägs- och järnvägsmateriel, vilket arbete kommer att påbörjas i denna månad.

Om sålunda, som jag redan antytt, arbetsresultaten ännu ej hunnit bli av någon betydligare omfattning, så hava under arbetets gång en del erfarenheter vunnits, vilka kunna vara av intresse att nämna.

Lämpligheten av arbetets centralisering är påtaglig, då man därigenom får ett sammanhållande och pådrivande organ för det hela. Denna funktion jämte insamlingen av material etc. är dock så tidsödande, att man därför behöver någon, som helt kan disponera sin tid för standardiseringen.

Tillräckliga penningmedel måste stå till förfogande, om icke arbetet på grund av bristande personal osv. skall bli fördröjt. I jämförelse med utländska förhållanden äro de summor, som hittills offrats hos oss, löjligt obetydliga, men man får hoppas på förbättring härav, sedan resultaten rättfärdigat detta.

Då normerna ej, åtminstone i de flesta fall, kunna erhålla någon juridiskt bindande kraft, är det av vikt att i stället giva dem så stor moralisk styrka som möjligt, dvs. att de till ryggstöd få en anslutning från alla kretsar, som kunna komma i fråga vid deras praktiska tillämpning. Endast härigenom ernås den inneboende styrka, som säkerställer dem mot att blott bli en död bokstav utan betydelse.

Vid tillämpningen av denna grundsats kan man emellertid lätt komma i konflikt med en annan fordran, nämligen den att undvika en alltför tungrodd apparat. Jag vill exemplifiera detta genom erfarenheterna från vårt utskott för tröskvagnar. Det ansågs för detta arbete nödvändigt att ernå medverkan icke blott av tillverkande och kontrollerande korporationer, utan även av dem, som använda vagnarna, dvs. lantbrukarna. Deras representation ansågs dessutom böra ske med hänsyn till förhållandena inom olika delar av landet, varigenom vi fingo ett utskott på 14 medlemmar. I och för sig kommo visserligen härigenom en hel del värdefulla synpunkter fram, men när arbetet närmade sig sin avslutning och de förda diskussionerna skulle sammanfattas i närmare utformulerade resultat, var det nästan omöjligt att fylla de formella bestämmelserna för utskottets beslutsmässighet. Ett mindre utskott hade varit lättare att hålla samlat, tills arbetet slutförts. I framtiden nödgas vi därför kompromissa mellan fordringarna på allsidig representation och på önskvärd koncentration, då vi tillsätta utskott.

Riktlinjerna för utskottens arbete böra vara klart begränsade. Det visar sig nämligen eljest, att man under diskussionerna alltför lätt kommer in på detaljfrågor,



vilka, i och för sig intressanta, dock distrahera från huvuduppgiften och fördröja arbetet. Hellre därför ett antal mindre utskott för dylika detaljer än ett stort utskott med alltför vidsträckt arbetsprogram.

I det stora hela har emellertid E. S. K:s arbete visat sig vara lämpligt organiserat och det bästa samförstånd rått mellan de olika intressen, som där äro representerade.

#### Förhållandet till det utländska standardiseringsarbetet.

Till slut skall vårt förhållande till utländska organisationer för standardisering vidröras. Här om stadgar arbetsordningen, att kommittén skall följa det utländska standardiseringsarbetet för att kunna bedriva sitt arbete efter så internationella linjer som möjligt.

Denna bestämmelse hava vi tillämpat så, att dels material insamlats från olika länder till ledning för utskottens arbete, dels våra normförslag före deras definitiva antagande översänts till de utlandsorganisationer, varmed avtal därom träffats och vilka i utbyte tillsända oss sina förslag, varefter ömsesidiga yttranden till förslagen avgivas.

På det hela taget kan jag emellertid säga, att vi gått fram relativt oberoende av utländska önskemål och förslag. Till en del beror nog detta på att tendensen i Sverige går mot en hög standard på det elektrotekniska området. Därför hava våra fordringar på t. ex. gummihalt hos ledningar, provspänningar etc. blivit strängare än hos flera av de stora industriländerna. Detta återigen utgör

endast ett fullföljande av landets gamla traditioner att på det industriella området eftersträva en kvalitetsproduktion.

Det kan synas vanskligt att profetera något om utsikterna för framtiden i detta avseende, vilken fråga sammanhänger med möjligheterna för en internationell standardisering. En viss hänsyn måste naturligtvis tagas till det mellanfolkliga varubytet, men en betoning av de nationella synpunkterna synes ändock ligga i tidsandan.

För min personliga del tror jag ej alls på möjligheterna av en internationell standardisering utöver ett visst grundläggande förenhetligande sådant som Internationella elektrotekniska kommissionen i vissa delar redan åstadkommit. I övrigt äro ländernas industriella förutsättningar och traditioner, säkerhetsföreskrifter, måttssystem etc. alltför olika för att kunna bilda grundval för några hela världen omfattande normer, för att nu ej tala om motsättningarna utanför det tekniskt-industriella området.

Tendensen synes i stället gå mot ett antal intressegrupper även på standardiseringsområdet. Så vill jag erinra om att t. ex. Förenta staterna och England äro i färd med att etablera ett närmare samarbete mellan länder med det engelska måttsystemet, vilka onekligen häri äga en gemensam basis, som direkt tvingar till samarbete.

Det vore ju tänkbart, att de nordiska länderna såsom utgörande en i flera avseenden naturlig intressegrupp överenskommo om ett samgående i den utsträckning, som kan befinnas lämplig. Något sådant har ju redan skett vad Svenska teknologföreningens maskinnormer beträffar. Det 1:a nordiska elektroteknikermötet bör vara ett lämpligt forum för diskussion av denna fråga.



DTV Danmarks Tekniske  
Videncenter  
Teknologihistorisk Samling

IB  
621.3  
Før

460854

1922



300187552





