DTU Bibliotek

Denne fil er downloadet fra

Danmarks Tekniske Kulturarv

www.tekniskkulturarv.dk

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

Rettigheder

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

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

[Pedersen, P.O.]

Noter

til

Professor P. O. Pedersens Forelæsninger

over

Svagstrømselektroteknik.

1918.

Nedskrevne under Forelæsningerne af
stud. polyt. A. J. Jensen

Noterne sluttes sig til de af Professor P. O. Pedersen
udgivne Forelæsningshenninger, til hvilke der
i Teksten henvises.

Trykt som Manuskript.
Jul. Gjellerup & Koch.
København
1919.

[Pedersen, P. O.]

Noter
til
Professor P. O. Pedersens Foredragninger
over
Svagstrømselektroteknik.
1918.

Nedskrevne under Foredragningerne af
stud polyt A. J. Jensen

Noterne slutter sig til de af Professor P. O. Pedersen
udgivne Foredragningshæfter, til hvilke der
i Teksten henvises.

Trykt som Manuskript.
Tutein & Koch,
København
1919.

Gl.
621.391 Ped
1919

DANMARKS
TEKNISKE BIBLIOTEK

Indholdsfortegnelse.

I Telegrafi

	Side.
Fakteltelegrafi	1.
Gauss og Weber	3.
Steinheils Lydtelegraf og skrivende Telegraf	3.
Morsesystemets Opfindelse	4.
Stangnøgle, Fjedernøgle	6.
Morseskriveren	6.
Naaletelegrafen	8.
Lønder	8.
Tonetelegrafi	9.
Wheatstones automatiske System	9.
Lauritzens Undulator	13.
Kabelskriveren	14.
Perforatoren	15.
Streng galvanometer	15.
Telegrafstrømme i lange Ledere	15.
Telegraferingshastighed i Kabler	16.
Kelvins Spejlgalvanometer	18.
Atlanterhavskabel	20.
Relaiser	20.
Telegrafiske Strømlov	29.
Kunstige Kabler	37.
Pulstads Kabelrelais	38.
Browns -do-	42.
Omdrageren	43.
Hurtigtelegrafen og Typetelegrafen	45.
Billedtelegraf	47.
Telegrafstationen, Strømforsyning	49.
Linievekslere	59.

II Telefoni

	Side.
Telefonen	1 - 4.
Mikrofonen og Mikrofonstrømlåg	4 - 8.
Telefontransformatoren	8.
Mikrotelefon	9.
Grets Følsomhed	9.
Induktoren	10.
Alternatoren	12.
Vekselstrømsklokken	13.
Telefonapparaten	15.
Partstelefonen	20.
Jacken og Proppen	25.
Omstillere, Trykknapper, Relaiser	28 - 31.
Signalapparaten	31.
Telefoncentralen	34.
Diagrammer for Centralen	51.
Ledningen - (Telegraf - og Telefon-)	57.
Samtidig Telefonering og Telegrafering fra samme Ledning	60.
Telefondüplex	62.
Induktionsfrihed ved Luftledningen	65.
Sikringen	71.

III.

Jernets magnetiske Forhold	78 - 82.

IV.

Maalingen med Vekselstrøm	83 - 96.

V Radiotelegrafi og -telefoni.

Svingningen i en enkelt Svingningskreds	1.
Elektronteori	8.
Stødionisation	8.
Gnistspænding, Paschens Lov	10.

af med kortere eller længere Mellemrum. Et saadant System anvendtes indtil for kort Tid siden mellem 2 af Øerne i det indiske Ocean, hvor vulkansk Havbund hindrer Nedlæggelse af Kabler. Spjælenes Dimensioner er 1m × 1m, og Afstanden mellem dem er 215 km. Sollyset i Spjælene viser sig paa denne store Afstand ganske rødt paa Grund af indsugede blaa og violette Straaler.

Pl. I. Fig. 3. Sömmerings elektro-kemiske Telegraf. Apparatet er konstrueret i 1809, men har aldrig været benyttet. Hvis Strømmen sendes ind som vist, vil der udvikles O_2 ved B og H_2 ved C og ved at aftale, at f. Eks. det Bogstav, ved hvilket der udvikles mest Luft (altsaa her ved C.), skal læses først, saa har man altsaa faaet overført Tegnene C B.

Pl. I Fig. 4. Bains elektro kemiske Telegraf. Opfundet 1846 og har været benyttet en hel Del i England og Amerika. Valsen F trækkes af et Urværk og fører med sig Papirstrimmelen P, idet denne trykkes ind mod T af Rullen R, der sidder paa Enden af Fjederen F. T er af Metal og i ledende Forbindelse med Jord. Idet Nøglen N nedtrykkes, gaar Strømmen fra Batteriet gennem Ledningen L og Skrivestiften S (af Jern) til Trommen T og derfra tilbage gennem Jord. Strømmen maa altsaa passere Strimmelen, der er fugtet med en Opløsning Ferrocyankalium. Paa det gule Papir vil der ved Strømmens Indvirkning komme kortere eller længere blaa Streger, alt efter den Tid N holdes nedtrykket. Systemet har den Fordel, at Strømmen ikke skal sætte nogen Masse i Bevægelse, hvorfor man kan telegrafere ret hurtigt, men det er dog forladt paa Grund af Klemperne ved det fugtige Papir.

Pl. I Fig. 5. Oprindelig angivet af Ampere i Oktober 1820, [illegible] som Ørsted i Juli offentliggjorde sin Opdagelse over

Elektromagnetnaalen. Naalens Akser var vandrette og Naalene bar smaa Skærme, som i Rostillingen skjulte et malet Bogstav saaledes, som vist paa Figuren. Paa Figuren er vist Udslag af Naalen svarende til Bogstavet C. Ampere benyttede en Dobbeltledning for hvert Bogstav, altsaa lige saa mange Returledninger som Fremledninger, men Apparatet blev aldrig udført i denne Form. Derimod udførte Alexander senere et Forsøgsapparat, hvor der benyttedes fælles Returledning. Apparatet har aldrig været benyttet i Praksis, da det var altfor upraktisk og kostbart med de mange Ledninger (ca 25+ Returledning).

Gauss og Weber udførte i 1833 et Slags Telegrafanlæg til privat Brug mellem det fysiske Kabinet i Göttingen og det astronomiske Observatorium lidt udenfor samme By. Modtagerapparatet bestod simpelthen af et Spejlgalvanometer (Gauss var den første, som gjorde Brug af Spejlaflæsning) og Afsenderapparatet var en Traadrulle med en Strømvender. Naar man da stak en permanent Magnet ind i Spolen, fik den herved inducerede Strøm Spejlgalvanometret til at give Udslag enten til den ene eller til den anden Side, eftersom Strømvenderen stod. Paa Grundlag heraf konstruerede Steinheil i 1836 to forskellige Apparater efter Opfordring af Gauss.

Pl. I Fig. 6. Steinheils Lydtelegraf. Dette er det ene af disse Apparater, hvor blot det oprindelige Spejlgalvanometer er erstattet af en Traadrulle med en Magnetnaal, der ved Hjælp af en Hammer slaar paa Klokken A eller Klokken B. M stilles i magnetisk Nord.

Pl. I. Fig 7. Steinheils skrivende Telegraf. Dette er det andet af ovennævnte Apparater. M og M' holdes i Stilling af de faste Magneter P og P' idet S frastøder S og N frastøder N saaledes, at M og M' i Rostillingen ligger an mod Knasterne H og H'.

c og c' er to Glasparykopper, der er trukket ud til en fin Spids. Eftersom Strømmen i Traadrullen gaar den ene eller den anden Vej, vil enten M eller M' gøre Udslag og sætte en Prik paa Papiret. (Paa Figuren er begaaet en Fejl, idet der ikke kan være to Prikker over hinanden, da begge Naale ikke kan slaa ud samtidig). Med dette Apparat opnaaedes 5-6 Ord pr. Min.

Pl. I Fig. 8. Cookes og Wheatstones Femnaaletelegraf. Har været benyttet ved „Great Western Railroad" til Jernbanesikring (1839). Ved at deviere to Naale samtidig vil disse pege paa et af Bogstaverne (Paa Figuren Bogstavet V). Tallegnene er anbragt nede i Randen og faas ved kun at deviere een Naal.

Pl. II Fig. 1. Morsesystemets Opfindelse. Amerikaneren Samuel Morse var Historiemaler og malede oven i Købet ret godt. Interessen for Telegrafi havde han faaet ved at høre nogle populærvidenskabelige Foredrag, og efter hans Dagbogsoptegnelser daterer hans første praktiske Ideer sig fra en Rejse fra Europa til Amerika i 1832, og Apparatet blev til fra 1832 til 1837. Hans paa Figuren viste første Apparat er bygget af et Malerstaffeli. Morse var dog ikke særlig velbevandret i Elektroteknikken, thi han mente blandt andet, at det vilde volde Vanskeligheder for Elektricitelen at gaa igennem Magnetens Traadspole, hvis Traaden her ikke havde samme Dimension som i den øvrige Del af Ledningen, hvilket derfor var Tilfældet i hans første Apparat. Senere fik han dog af Prof. Henry at vide, at dette ikke var nødvendigt.

Pl. II Fig. 3. Morse mente ligeledes, at Batteriet ikke vilde kunne sende Strøm paa lange Strækninger, hvorfor han konstruerede hosstaaende Overdragningsrelais.

Pl. II Fig. 2. Sendeapparat med Metaltyper. Særlig udstansede

Blikstykker svarende til de enkelte Bogstaver, blev sat ned i en Rille efter hverandre og blev derefter ført frem under Kontakt-apparatet ved Hjælp af et Haandsving som vist paa Figuren. Det oprindelig af Morse anvendte „Morsealfabet" er noget mere kompliceret end det nu almindeligst benyttede

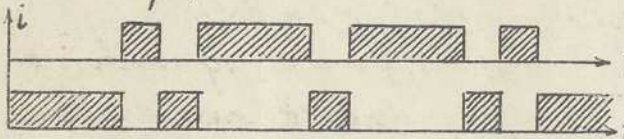
Pl. II. Fig. 4. Skriveplade. Paa en isolerende Plade var anbragt smaa Metalstykker svarende til de enkelte Bogstaver og alle sat i Forbindelse med Batteriet. Ved at føre Skrivestiften S henover Pladerne fik man da Bogstaverne afsendt. Som det ses af Figurerne brugtes foruden Prikker tillige Streger af forskellige Længder ligesom ogsaa Tegnmellemrummene varierer. Dette Alfabet- „American Morse"- anvendes endnu meget i Amerika. Disse særlige Skrivapparater blev konstrueret fordi man mente, at det vilde være for vanskeligt for almindelige Mennesker at betjene en Telegrafnøgle.

Pl. II Fig. 5. Morsealfabetets Tegnelementer. Forskellige Metoder til Frembringelse af Morsetegnene.

Pl. II Fig. 6. Morsealfabetet. Det nu almindeligst anvendte Alfabet- „Continental Morse"- hvor der kun benyttes henholdsvis Prikker, Streger og Tegnmellemrum af een Længde, hvis indbyrdes Forhold er afpasset efter bestemte Regler med Prikkængden som Enhed. Undertiden benyttes i Telegrafien de saakaldte Koder. Da „H. N." saaledes anlagde sin Linie i Kina, maatte man benytte en Kode, idet de kinesiske Skrifttegn blev nummererede og man telegraferede saa Tallene. Desuden benyttes Koden almindeligst i Handelskorrespondance, idet ofte benyttede Vendinger og Sætninger erstattes med et enkelt Ord, det saakaldte Kodeord. Et saadant Kodeord maa ikke indeholde mere end 10 Bogstaver og 4 Stavelser og desuden skal Ordet kunne udtales for at lette Telegrafistens Arbejdet. Til Pressetelegrammer anvendes dog

nasten altid klart Sprog, dels fordi Dechiffreringen af Bodetelegrammet lager Tid og dels paa Grund af det forskelligartede Indhold, der kun vanskeligt lader sig omskrive til Koder. Til Gengæld gaar saa Pressetelegrammer for lavere Taxst.

Pl. III Fig. 1. Simple Strømdiagrammer for Morseanlæg. N = Nøgle; M = Morseapparat; B = Batteri; r = Rokontakt; a = Arbejds- eller Skrivekontakt. Ved Anvendelse af Arbejdsstrøm maa man anvende et Batteri ved hver Nøgle for at kunne afsende Telegrammer. Ved Hvilestrøm er dette ikke strengt nødvendigt, da de to Batterier her understøtter hinanden.



Desuden frembyder Hvilestrøm Mulighed for en større Kontrol mod Fejl i Anlægget, og det bruges derfor meget hyppigt ved Togsikringsanlæg. Rokontakten r er altid af Platin, hvorimod Skrivekontakten a ofte er af Staal.

Pl. III Fig. 2. Stangnøgle. Denne Form for Nøglen er den almindeligst anvendte ved den tyske Telegrafforvaltning. For at gøre Anslaget blødere, bestaar Kontakterne r og a ofte af en Fjeder som vist paa Figuren nederst, Linie føres til Midten af Nøglen.

Pl. III Fig 3. Fjedernøgle. Den foregaaende Nøgle gør dog en Del Støj og her i Landet anvendes derfor oftest Fjedernøglen, der har et betydeligt blødere Anslag. s_1 og s_2 er Stoppeknaster og Kontakten dannes af Fjederen F.

Pl III Fig. 4. Morseskriver. Ankeret A's Bevægelser begrænses af Stoppeknasterne s_1 og s_2 og holdes oppe af Fjederen F. Vægtstangen V bærer den ene Ende af Akslen for Farvehjulet H, der dyppes i Farveskaalen L. Hjulet ovenover H fører Papiret frem, idet dets Overflade er riflet, og ned imod Papiret trykker Ebonit-

kjnlet N, der har et Tværsnit som vist paa hosstaaende Skitse,



for at Skriften ikke skal tvares ud. Papiret er ført om en tynd Staalstang, hvorimod H gaar op, idet man herved opnaar at faa Tegnene skarpt begrænsede, Elektromagneten kan være viklet differentielt og kan kobles forskelligt som vist paa Figuren. For Apparater til Arbejdsstrøm og drevet direkte ved Liniestrøm anvendes i Almindelighed: I Tyskland: $2 \times 280\ \Omega = 560\ \Omega$; $13 \cdot 10^{\div 3}$ Amp; 0,10 Watt
I England: $330\ \Omega$; $20 \cdot 10^{\div 3}$ — ; 0,13 — .
Ved Anvendelse af Relaiser og med Morseskriveren i et lokalt Strømløb (se senere) anvendes derimod: 0,3–0,4 Volt.

Pl. III Fig. 5. Gaffelstykket K drejer sig om a_3 og slutter ved Arbejdsstrøm imod a_1 ved Hvilestrøm derimod imod a_2. Virkemaaden fremgaar iøvrigt af Figuren.

Pl. III Fig. 6. Automatisk Standsning og Igangsætning af Løbeværket. A er en Aksel for et af Hjulene i Urværket og løst paa denne sidder Staalnæsen B, der fastholdes ved Friktion, C er en paa et kort Stykke halvt gennemfræset Aksel, til hvilken er fastet en lang Staalhage V, der trækkes imod højre af Fjederen F. I Ankerets Rostilling er N nede saaledes, at Klinken D holder V paa Plads; derved vil C staa i en saadan Stilling, at Spidsen n af B ikke kan komme forbi, og Urværket er altsaa standset. Saasnart Anker tiltrækkes vil N hæves, og D vil da tillade V at gaa tilhøjre indtil den standses af en Stoppeknast, men herved drejes C kun i en saadan Stilling, at n kan slippe forbi saaledes, at A begynder at dreje sig rundt. Samtidig vil en Stift paa B føre V tilbage igen, hvor den holdes fast af D, hvis Anker igen er i Ro, og B vil altsaa i saa Tilfælde kun gaa een Gang rundt. Telegraferes der derimod stadig, vil D stadig glippe og B altsaa vedblive at gaa rundt.

Pl. III Fig. 7. Reliefapparat. Anvendes, hvor der ikke kan stilles store Fordringer til Betjeningen og benyttes blandt andet af Statsbanerne. I Hjulet til H_2 er inddrejet en Rille, hvori mod Staalstiften trykker. Skriften er ikke saa let læselig som almindelig Morseskrift. Apparatet kræver langt større Kraft end de almindelige Apparater og anvendes derfor aldrig til direkte Liniestrøm.

Pl. IV Fig. 1. Naaletelegrafen. Naaletelegraferne har den Fordel, at der uden Vanskelighed kan sættes mange i Serie paa en Ledning. Med f. Eks. 200 Ω i Spolerne kan man nøjes med en Strøm paa $3 \cdot 10^{\div 3}$ Amp; i Almindelighed benyttes dog $(15-20) \cdot 10^{\div 3}$ Amp. I Rostillingen vil Pedalerne P N berøre den øverste Tværlamel, og Strømløbet fremgaar iøvrigt tydeligst af Figuren.

Pl. IV Fig. 2. Neales Naal. Enderne P_1 og P_2 af Elektromagneten staar frem fra Papirets Plan saaledes, at Naalen A, der er af blødt Jern, svinger imellem dem. Naalen A er saaledes polariseret af Staalmagneten P. M. Fjederen F holder Naalen lodret i Hvilestillingen. Man benytter denne Ordning fremfor at lade A være en Staalmagnet, idet en saadan lille Magnetnaal muligvis kunde blive ompolariseret af en stærk Strøm i Elektromagnetens Traadruller, hvorved Apparatet vilde vise galt. A drejer sig om en Akse ved S_1 og om samme Akse drejer sig den synlige Naal V. Apparatet kan indrettes som Lydtelegraf, idet V slaar mod to Pinde, der er i Forbindelse med Lydgiverne L_1 og L_2, der har forskellig Klangfarve.

Pl. IV. Fig. 4. Lydskriver eller Sounder. Sounderen benyttes meget, idet den er simpel, hurtig og sikker at arbejde med.

Pl. IV Fig. 5. Polariseret Sounder, se Figuren.

Pl. IV Fig. 6. Polariseret Sounder, der kan arbejde med Strømstød. Denne Form anvendes bl. a. i England (London) for at und-

gaa, at der stadig gaar Strøm paa Linien. Den permanente Magnet P.M. er meget kraftig og bestaar ofte som vist af flere Magneter ovenpaa hinanden. Forholdet mellem Fjederkraften og Magnetkraften fra den permanente Magnet er saaledes, at Ankeret fastholdes i begge Yderstillingerne. Forøvrigt fremgaar Virkemaaden af Figuren. Der bruges altsaa kun Strøm til Ladning af Kondensatoren.

Pl. IV Fig. 7. Tonetelegraf. Tonetelegrafi benyttes ofte i Felten paa Grund af det simple og meget følsomme Membranapparat. (En alm. Telefon). Paa Figuren er vist, hvorledes man kan anvende en almindelig Morseledning uden at forstyrre Telegraferingen paa denne. Vibratoren vil virke saa længe N er nedtrykket og ved Hjælp af Transformatoren sendes da en Vekselstrøm ud paa Ledningen, idet den passerer Kondensatoren C. Dæmperullen D_R vil sperre Vejen til Apparaterne for Vekselstrømmen saaledes, at denne kun kan forplante sig ud langs L til en lignende Station ved den anden Ende af L. Paa den anden Side kan Strømmen fra det almindelige Telegrafsystem ikke passere C og maa derfor ligeledes følge L og passere Morseskriveren ved den anden Ende, da en Kondensator ogsaa her sperrer Vejen til Telefonkredsløbet. Man kan godt samtidig have 2 Tonetelegrafer paa samme Morseledning ved at benytte to meget forskellige Tonehøjder for de to Vibratorer, som da let kan skilles fra hinanden.

Wheatstones automatiske Telegrafsystem. (Maskintelegrafer, Hurtigtelegrafer). Ved almindelig Telegrafering præsteres ca. 25-30 Ord pr. Min, men da Ledningerne faktisk kan udnyttes meget mere, har man paa forskellig Maade søgt at opnaa dette. Enten kan man indrette det saaledes, at flere Telegrafører samtidig paa samme Ledning, eller man kan indrette Afsenderen,

og altsaa ogsaa Modtagerne, saaledes, at den kan præstere væsentlig mere, f. Eks 100 Ord eller mere pr. Min. Dette sidste benyttes ved de saakaldte Maskintelegrafer eller automatiske Telegrafsystemer. Herved spares dog ikke nogen Arbejdskraft, idet der kræves et tilsvarende større Antal af Telegrafister til Betjeningen. Det første af disse Systemer skyldes Wheatstone og anvendes meget her i Landet. Til Systemet hører tre Apparater, nemlig Perforatoren (Puncheren), Senderen (Transmitteren) og Modtageren (Receiveren).

Pl. V Fig 3. Skematisk Fremstilling af Tegnelementerne. Det er indrettet saaledes, at de tre Kulkombinationer frembringer de viste Strømkombinationer, der svarer til Tegnene. Det normale Mellemrum mellem Tegnene indenfor samme Bogstav fremkommer saaledes af sig selv. Tasten B svarer til Mellemrummet mellem Bogstaverne, og Mellemrummet mellem Ordene faas ved at nedtrykke B to Gange. Det ses da, at den relative Længde af Tegnene bliver den rigtige. Længden af en Prik = 1. Længden af et Mellemrum mellem to Tegn = 1. Længden af en Streg = 3. Længden af et Mellemrum mellem 2 Ord = $1+2\times2=5$.

Pl V Fig. 5. Langdesnit af Perforator. Naar T trykkes ned, vil Vinkelvægtstangen A h dreje sig om a, hvorved Fladen y y trykkes mod Stemplerne s. Disse vil da slaae Huller i Papirstrimmelen, som føres frem mellem Pladerne p_1 og p_2. Stemplerne føres tilbage af Fjedrene f. og A af Fjederen b.

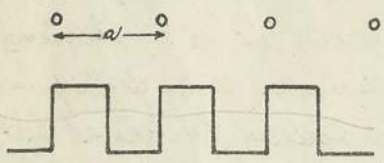
Pl V. Fig. 4. (Se ogsaa Pl. II Fig. 2.) Der findes ialt 5 Stempler, 1, 2, 3, 4 og 5 og det ses af Figuren tilhøjre, at Stemplet 2 altid vil gaa frem, naar en Tast nedtrykkes, idet det føres frem af P. Nedtrykkes y_1 saa vil Stiften I føre 2 frem, og man faar altsaa et Mellemrum. Nedtrykkes y_2, saa vil 1, 2 og 3 føres frem. Nedtrykkes endelig y_3, saa vil 4 og 5 føres frem direkte,

1 vil føres frem ved Hjælp af II og 2 vil føres frem af P.

Pl. V. Fig. 6. Papirføringen. h_1 h_2 og h_3 er de 3 Vagtstænger h set fra oven og Vagtstangen Q befinder sig i et Hak i disse. Naar en af dem føres frem, vil Q dreje sig om K. Derved vil P's nederste Del dreje tilvenstre, idet den er fastgjort drejelig til Q i e og drejes af Fjederen f om den viste Stoppeknast. Spærhagen E holdes ind mod s ved en Skruefjeder omkring Aksen ved b. Hvis Tasten A eller B (Fig 1.) henholdsvis y_1 eller y_2 (Fig. 4) nedtrykkes, vil E altsaa føres tilvenstre indtil den støder paa L og naar Tasten igen slippes, vil E føres tilbage af Fjederen B og lage Hulet s een Tand med rundt. Hvis derimod Tasten C, henholdsvis y_3 nedtrykkes, saa vil L føres tilbage samtidig og E altsaa først stoppes af h. Naar E derpaa gaar tilbage, vil s føres 2 Tænder frem. Den til C svarende Hulkombination har netop den dobbelte Længde af de til A og B svarende (se Fig 2 og 3). Med denne Perforator kan man perforere ca 25-30 Ord pr. Min.

Pl. V Fig. 7, 8 og 9. Senderanordningen. O er en Ebonitskive, hvorpaa er fastgjort to halvmaaneformede Metalstykker a og b og i disse er fastskruet Metalstifterne g og h. Naar O drejes tilhøjre, vil g berøre c og h vil berøre d (c og d er belagt med Platin paa Berøringsstederne) og herved vil der gaa Strøm ind i Ledningen L i Pilens Retning, idet Strømløbet er: Jord-a-g-e—(÷)-(+)-d-h-b-L. Naar O drejes tilvenstre, vil Strømmen gaa den modsatte Vej. O kan aldrig staa i den paa Figuren viste Midterstilling, idet den altid vil holdes i en af Yderstillingerne af Rullen H paa Enden af Fjederen F og disse Yderstillinger begrænses af Stoppeknasterne i og k. Overgangen fra den ene Stilling til den anden sker, idet enten B_1 eller B_2 giver den til O fastgjorte Arm et Puf. Tandhjulet s drejes af et Urværk og fører herved Papiret frem. Tappen K drejes ligeledes af Urværket saale-

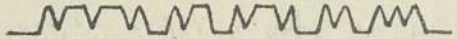
des, at K gaar een Gang rundt, hver Gang s gaar en Tand frem. Ved K's Drejning sættes Vagfstangen y i en vuggende Bevægelse. B_1 og B_2 er i Forbindelse med A_1 og A_2, der drejer sig om de viste Akser, og de viste Fjedre vil stadig søge at dreje dem saaledes, at B_1 og B_2 kan puffe til O. Det ses imidlertid, at enten vil Stiften P_1 eller Stiften P_2 være nede og saaledes hindre denne Drejning, hvorved altsaa kun een ad Gangen kan komme til at bevæge O. Endvidere er A_1 og A_2 ved Tappene y_1 og y_2 forbundet med Følerne M (Mellemrumsstrøm) og T (Tegnstrøm) M og T holdes i Stilling mod p_1 og p_2 af f_1 og f_2. Hvis der nu slet intet Papir er, vil A_1 og A_2 uhindret kunne følge P_1 og P_2's Bevægelser og baade B_1 og B_2 vil gaa een Gang frem medens s har drejet sig een Tand. I Løbet af denne Tid a vil altsaa O vugge een Gang frem og tilbage og altsaa fremkalde et Strømbillede som vist paa hosstaaende Figur idet Strømmen i Løbet af Tiden a vil vende 2 Gange. Hvis der paa Papiret er slaaet lutter Prikker, vil Strømfiguren blive akkurat det samme. (Se Fig 9). Hvis nemlig P_2 gaar op, idet der er et Hul udfor M, saa vil M gaa op gennem dette og altsaa vil B_2 puffe til O. M vil derefter følge med Papiret indtil den igen trækkes ned af P_2 og bringes i Stilling mod p_2 af f_2. Dette vil ske i Løbet af Tiden ½ a og da Pinden T netop er forsat dette Stykke i Forhold til M som vist paa Fig 8 og 9, saa vil netop nu T være udfor et Hul og altsaa kan A_1 følge P_1 hvorved B_1 puffer O tilbage igen og derved vender Strømmen o.s.v. Har man en Strimmel som vist paa Figur 9, vil der fremkomme samme Strømbillede som for svarende til Punkterne 1, 2 og 3. Nu vil P_1 trække T ned og samtidig vil P_2 forsøge at løfte sig og tillade A_2 at dreje sig, men da Hullet 4 mangler, saa kan M ikke komme



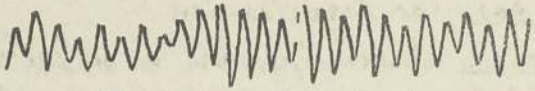
igennem, og der vil altsaa ikke ske noget; Strömmen vil ikke blive vendt. Heller ikke naar T komme igennem ved s og først naar M gaar gennem 6 vendes Strömmen atter o.s.v. Man kan med denne Transmitter telegrafere op til 200 Ord pr. Min. De nyere Apparater drives ofte af en Elektromotor.

Pl. V Fig. 10. Regulering af Transmitterens Hastighed. Kraftoverföringen fra S_1 til S_2 sker udelukkende ved Hjælp af Friktionen mellem disse Skiver og Skiven d. Naar d staar i den viste Stilling, vil S_1 löbe langsomt, da Vindfanget ved en bestemt Hastighed virker stærkt bremsende, idet Vingerne som vist slaar ud. Naar d föres tilhöjre, vil S_1 følgelig löbe hurtigere. Paa Vindfangets Akse sidder en Skruefjedr, hvis ene Ende er fastgjort til ekstandhjul, som sidder löst paa Aksen og som griber ind med et Tandhjul paa hver af Vingernes Akser saaledes, at Fjederen i Ro-stilling klapper disse Vinger sammen.

Pl. VI Fig. 1. Lauritzens Undulator. Undulatoren kan opfattes som et registrerende Amperemeter. I Aksen A. er af Messing, hertil er fastgjort de permanente Magneter a og b. og dette polariserede Anker er igen anbragt drejeligt mellem Polerne af Elektromagneten E, hvorigennem Tegnströmmen sendes. Det ses, at det svingende System ifølge Anbringelsesmaaden har et meget lille Inertimoment. Desuden er Magneterne anbragt saaledes, at de delvis danner et lukket magnetisk Kredsløb, hvorved Afmagnetiseringen bliver lille. For at kunne regulere Følsomheden kan man nærme eller fjerne de to Halvdele af Elektromagneten fra hinanden. Desuden findes paa næsten alle denne Slags Apparater en Regulermodstand som vist paa III. Man kan aldrig faa helt skarpkantede Kurver, men iövrigt kan Udseendet reguleres ved Hjælp af Pennens Tryk mod Papiret, som vist paa hosstaaende Figurer. Hvis Trykket er meget lille faas stor Følsomhed, alt-



Normal Skrift.



For ringe Dæmpning



For stor Dæmpning.

saa store Udsving, men ringe Dæmpning saaledes, at Pennen udfører Egensvingninger og derfor gør Skriften utydelig. For stort Tryk giver derimod for stor Dæmpning saaledes, at Pennen kryber ud i Udsvingsstillingen. Regulering af Hastigheden foregaar paa samme Maade som ved Senderen, blot at Overføringsskiven her er af Gummi i Stedet for af Kobber. Apparatet drives af et Urværk, i de nyere Apparater af en Elektromotor og kan skrive op til 100-150 Ord / Min.

Pl. VI Fig. 2. Kabelskriver. Her er de permanente Magneter erstattet med en Traadrulle T ophængt i fine Traade og Sølvrøret med et Glasrør R, hvorved de svingende Deles Masse bliver mindre og Apparatet altsaa mere følsomt. Tegnstrømmen sendes her gennem den drejelige Traadspole, medens Elektromagneten, mellem hvis Poler denne er ophængt, ved Hjælp af en konstant Strøm tjener til at frembringe et kraftigt, konstant magnetisk Felt. Inden Sølvrøret kan renses ved at man trækker en Metaltraad igennem det, eventuelt efter at det er dyppet i Blæk for at faa dette til at følge efter, saa kan dette ikke gøres ved det meget fine og spinkle Glasrør. Er dette derfor først een Gang forstoppet, maa det som Regel kasseres. Dette Apparat er ogsaa mere følsomt, fordi Feltet er kraftigere. Apparatet drives af en Elektromotor

For Mellemstationer (f. Eks. Fredericia paa Strækningen London-Kjøbenhavn). vil det være forbundet med en hel Del Arbejde, at sende et saadant Telegram videre, idet det jo modtages som Slangeskrift og derefter maa perforeres paany. Man har

derfor konstrueret særlige Modtagere, som direkte afleverer Telegrammet som en perforeret Strimmel for Videreforsendelse.

Pl. VI Fig. 4. Creeds Perforator. (se Figurteksten).

Pl. VI Fig. 5. Billes Perforator. Dette Apparat er en Del simplere end det foregaaende. Bille var dansk Ingeniör, der efter Opfindelsen blev ansat i Creeds Firma. Dræbtes i England ved en Jernbaneulykke for et Par Aar siden.

Wheatstones System har den Fordel, at naar man fra en større Station (f. Eks. London) skal sende samme Telegram til mange forskellige Stationer samtidig (Pressetelegrammer, Parlamentstaler o. l.) saa behöves hertil kun een perforeret Strimmel, som man efterhaanden lader passere de til de forskellige Linier hörende Transmittere. Man har ogsaa konstrueret særlige Skrivemaskiner, som direkte omsætter den perforerede Strimmel til almindelig Typeskrift.

Pl. VI Fig. 3. Strenggalvanometer. Dette Apparat bruges ofte i Svagstrømselektroteknikken til forskellige Maalinger, men derimod sjeldent til egentlig Telegrafering. Det bestaar i Hovedsagen af en tynd Traad, der er anbragt i et kraftigt Magnetfelt og hvorigennem Strömmen sendes. Apparatet er meget følsomt for Strömme med et Periodetal op til flere Hundrede pr Sek. og af en Störrelse helt ned til 10^{-6} Amp. Følsomheden varieres ved Stramningen af Traaden, hvilket foregaar ved Hjælp af Skruen S.

Pl. VII Fig 1. Telegrafstrømmens Bevægelse gennem lange Ledninger. Strømforløb i Luftledning og Kabel.

Medens Telegraferingshastigheden ved Luftledning i Almindelighed er betinget af Apparaternes mekaniske Fuldkommenhed, er det med Kabler over en vis Længde disses Konstanter, der er afgörende for den störste Hastighed.

Pl. VII Fig 2. Telegraferingshastighed i Kabler. Disse Forhold var man ikke helt klare over, da de første Atlanterhavskabler blev lagt. Man vidste blot, at Kapaciteten var skadelig, da den bevirker, at Kablet sluger en hel Del Strøm som Ladningsstrøm. Faraday mente, at det blot kom an paa at gøre Kapaciteten lille, og han anbefalede derfor tynde Kabler. Derved stiger imidlertid Modstanden, og man har senere vist, at dette ogsaa er uheldigt. William Thomson (Lord Kelvin) var den første, som opstillede Ligningen for Strømmens Passage gennem et Kabel og hvem det lykkedes at integrere denne Ligning: Afledningen λ pr. km fremkommer, naar man har en Isolationsmodstand $1 : \lambda$ Ohm pr. km. $L \cdot dx \cdot \frac{di}{dt}$ = induktivt Spændingsfald; $R \cdot dx \cdot i$ = Ohmsk Spændingsfald; $C \cdot dx \cdot \frac{dv}{dt}$ = Den Strøm, der medgaar til Ladning af Strækningen dx betragtet som en Kondensator. $\lambda \cdot dx \cdot V$ = Den Strøm, der gaar tabt ved Afledning paa Strækningen dx. Ved at differentiere den første af Ligningerne (1) m. H. t. t faas $L \frac{d^2 i}{dt^2} + R \cdot \frac{di}{dt} = - \frac{d^2 V}{dt\, dx}$. Ved at differentiere den sidste af Ligningerne (1) m. H. t. x faas: $C \cdot \frac{d^2 v}{dx\, dt} + \lambda \cdot \frac{dv}{dx} = - \frac{d^2 i}{dx^2}$. Ved af disse to nye Ligninger at bortelimminere $\frac{d^2 v}{dt\, dx}$ og endvidere bortskaffe $\frac{dv}{dx}$ ved Hjælp af den første Ligning (1) faas den første af Ligningerne (2). I denne Ligning indgaar Koefficienterne fuldstændig symmetrisk, og man kan derfor umiddelbart danne den anden af Ligningerne (2) analogt med den første. De to sidste Led i Formlerne (2) skal være $\frac{d^2 i}{dx^2}$ og $\frac{d^2 v}{dx^2}$. Nu varierer Telegrafstrømmene ikke saa hurtigt, at L spiller nogen Rolle og endvidere er i Almindelighed Isolationen saa perfekt, at man kan sætte $\lambda = 0$. Herved faar Ligningen Formen (3). Denne Form gav Lord Kelvin den og drog heraf de Slutninger, der er de afgørende, nemlig, at det er Produktet af Kapacitet og Modstand, der spiller en Rolle. Ligning (4) holder i Almindelighed for Telegrafligningen og maa allesaa gælde for alle Kabler uafhængig af Arten og

ligende. I (3) sættes $x = l$ H og $t = RC\,l^2\,T$, hvorved denne Ligning gaar over til Formen (4), hvor alle for Ledningen karakteristiske Konstanter er forsvundne.

For $RC\,l^2$ =	1,	2	3	---	n
faas t =	$1 \cdot T$	$2 \cdot T$	$3T$		$n \cdot T$
ny Tidsenhed =	1 Sek	2 Sek	3 Sek		n Sek.

idet Enheden for t er Sek. Den nye Tidsenhed faas jo nemlig ved at sætte $T = 1$ i Ligningen $t = R \cdot C \cdot l^2 \cdot T$. Antages det nu, at man altid sender a Impulser pr. ny Tidsenhed, hvilket altsaa svarer til: Antal Impulser pr Sek = a $\frac{1}{2}a$ $\frac{1}{3}a$ ------ $\frac{1}{n}a$ saa vil man i alle Kabler i Afstanden l fra Senderen faa samme Strømkurve. Af Ligningen $H = \frac{1}{RCl^2}$ ses det, at Hastigheden for samme Pregnans af Strømkurven er omvendt proportional med Produktet af total Modstand $R_o = R \cdot l$ og total Kapacitet $C_o = C \cdot l$ altsaa omvendt proportional med Kvadratet paa Kablets Længde. Dette er i Hovedsagen, hvad Lord Kelvin har givet for Telegrafering gennem lange Kabler. $R \cdot C \cdot l^2 \cong 2\text{-}3$ for et Atlanterhavskabel.

Pl. VII. Fig. 9 Kabelskrift. Ved almindelig Slangeskrift var Stregerne længere end Prikkerne. Dette er egentligt irrationelt, da Prikkerne jo er lige saa vigtige som Stregerne og desuden vilde man udnytte Kablet bedre, hvis alle Tegnene kunde gøres lige korte. Dette opnaas ved at benytte en Skrift som vist paa ·——· hosstaaende Figur, hvor Prikkerne afsættes over Midtlinien og Stregerne under Midtlinien.

Pl. VII Fig. 3. Forløbet af de til kortvarige Spændinger svarende Strømme.

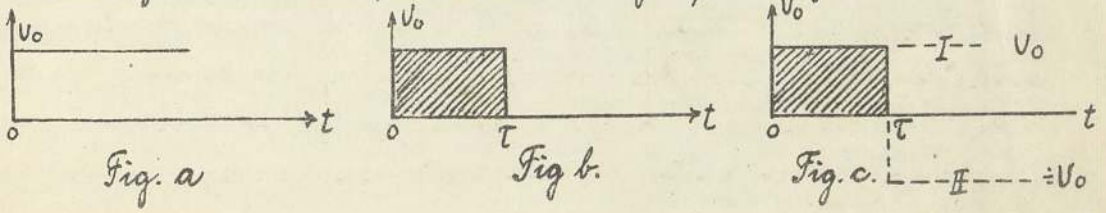


Fig. a Fig b. Fig. c.

V_0 = Spænding ved Senderen. $\tau = 0{,}0029\, l^2 R C$ Sek. For at undersøge, hvorledes Strømmen bliver i Kablet i Afstanden l fra Senderen, naar man sætter en Spænding paa som vist paa hosstaaende Fig a, saa maa man integrere Ligning (4) i Fig 2. Resultatet vil da være, at man faar Strømkurven $\varphi(t)$. (Paa Figuren er indløbet en Fejl, idet $\varphi(t)$ først vil begynde at vokse op fra Abscisseaksen ved $t = \tau$.). Denne Strøm vil altsaa først gradvis naa sin fulde Styrke $i = V_0 : R_0$. Et Spændingsstød af Varighed τ som vist paa hosstaaende Fig. b. kan tænkes frembragt ved at man tilhobler Spændingen V_0 til Tiden $t = 0$ og dernæst Spændingen $-V_0$ til $t = \tau$ som antydet paa hosstaaende Fig c. Den første Spænding vil give Strømkurven $\varphi(\tau)$ og den anden vil give samme Kurve forskudt Styrke $t = \tau$ og med modsat Tegn. Idet den sidste Strømkurve trækkes fra den første, faas som Resultat Kurve 1. paa Fig. 3. Kurverne 2, 3 .. angiver tilsvarende Strømforløbet for Spændingsstød med Varigheden 2τ, 3τ. Det ses at disse Kurver er meget langstrakte saaledes, at man faar en daarlig Tegndefinition og derfor en ringe Hastighed. For at modvirke dette benytter man ved Senderen, umiddelbart efter Afsendelsen af et Tegn, at sende en Strøm i modsat Retning som vist ved Pl. VIII Fig 1, a. Ved d er baade før og efter Afsendelsen af det egentlige Tegn sendt Strøm i modsat Retning, hvorved Kurven bliver endnu skarpere.

Den almindelige Undulator er ikke nær følsom nok til Kabeltelegrafi, da Friktionen mellem Pennen og Papiret er for stor. Man har derfor benyttet de nedenfor omtalte Modtagere.

Pl. VII Fig. 6 Kelvins Spejlgalvanometer til Kabelmodtagning.

Denne Modtager er følsom nok, men den arbejder altfor langsomt. Lord Kelvin konstruerede senere et Apparat i Lighed med Undulatoren, men saaledes, at Pennen ikke rørte ved Papiret. Man satte derpaa en høj Spænding paa Blækbeholderen, hvorved Blækket ligefrem

blev sprøjtet ud paa Papiret. Spændingen frembragtes af en Elektricermaskine, men da disse ikke arbejder godt i fugtigt Vejr, og Apparaterne jo netop ofte findes opstillet ved Kysten, saa var disse Apparater ret upaalidelige. Kelvin gik derfor senere over til den nedenfor beskrevne Form.

Pl. VII. Fig. 7. Siphon-Recorder. Apparatet bestaar i Hovedsagen af et Galvanometer, idet Spolen R bevæger sig mellem Polerne af en permanent Magnet. (ikke vist paa Figuren). R. holdes i Stilling ved Hjælp af Traaden F_1 foroven og to lignende Traade forneden. Endvidere er der fra R ført to Traade F_2 og F_3 hen til Sadelen S, der er fastgjort til Platin Iridiumtraaden i saaledes, at F_3 er fastet lodret over F_2 paa S. Til S er endelig fastgjort Pennen H. Naar nu Telegrafstrømmen bevæger R, saa vil F_2 og F_3 bevæge S saaledes, at H bevæger sig vinkelret paa Figurens Plan og altsaa vinkelret paa Papirstrimmelens Bevægelsesretning. For nu at formindske H's Friktion mod Papiret, sættes i og dermed S og H samtidig i vibrerende Bevægelse ved Hjælp af Vibratoren E E, der som vist paa Figuren f. Eks. kan drives ved Hjælp af en Neef's Hammer N.

Pl. VII. Fig. 8. Kabelskrift med og uden Vibrator.
Heraf ses, hvor nødvendig Vibratoren E E paa Fig. 7. er.

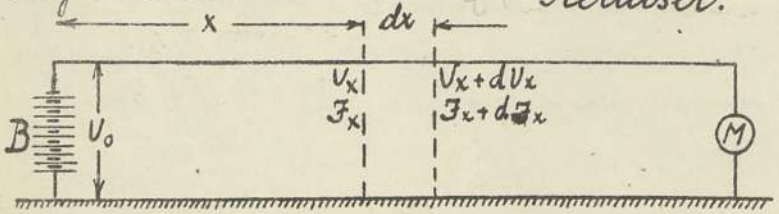
Pl. VII. Fig. 9. Morsealfabet for Kabelskrift. Denne Skrift er i Virkeligheden unormalt lydelig og smuk, idet Kabelskrift som Regel er langt mere utydelig og vanskelig at læse. Som Eksempel blev ved Forelæsningen fremvist et Cablegram Emden-New York med 32 Ord pr. Min., og det var ganske umuligt at læse for øvede.

Ved Konstruktion af Kablet kan man regne, at Guttaperka og Kobber omtrent koster nøj meget pr cm^3 (Begge Priser varierer meget stærkt). Man kan ikke anvende en enkelt massiv Kobberleder, da denne vilde blive for stiv i Forhold til Guttaperkalaget

og derfor maaske trykke sig ud igennem dette. I det første Atlanterhavskabel anvendtes 7 snoede, lige tykke Traade. Man vil her have en noget større Modstand og omtrent samme Kapacitet som for en massiv Leder, hvis Diameter er lig med den snoede Flores ydre Diameter

Pl. VIII Fig. 4. Atlanterhavskabel. I de nyere Kabler anvendes ofte en enkelt, massiv Kerne omgivet af flere tyndere Traade. Man kunde her for en bestemt ydre Diameter bestemme Minimum af R·C og herigennem bestemme Kobberkernes Diameter. (se Telefonledningens Teori S.83). Dette giver dog en altfor stor Kobberdiameter i Forhold til Guttaperchadiameteren, idet man da vilde risikere, at Kobberet trykkede sig ud igennem Guttaperchalaget og man gør derfor Kobberkernen betydelig tyndere. Et af de Angreb som Kablet er udsat for, kidrører fra Paalorm, Pelekrebs o. l., hvorfor Guttaperchalaget hvor saadanne Angreb kan ventes er beskyttet med et Messingbaand. For Dybsøkabel er en saadan Beskyttelse unødvendig. Dybsøkablerne er armeret med tynd Staaltraad og tykt Hampelag for at gøre Vægten saa lille som muligt, for det i Vandet nedsænkede Kabel, idet det er den store Vægt, der bevirker, at Kablet brister. Hampen har mindre Vægtfylde end Vand og bevirker altsaa endogsaa nogen Opdrift. Det irske Nystkabel ligger paa Klippegrund og er derfor særlig godt beskyttet ved et ekstra Lag Rundjern yderst viklet med ringe Stigning for at Ankre o. l. ikke skal klemme sig fast og derved fremkommer det paa Fig. f viste aflange Tværsnit.

Relaiser.



Vi betragter en uendelig lang Ledning hvorigennem der gaar en Jævn-

ström. Modstand = R Ohm/km. Afledning = λ Siemens/km. Paa Strækningen dx altsaa Modstanden $R \cdot dx$ og Afledningen $\lambda \cdot dx$. Da Ledningen er uendelig lang, vil dens Modstand overalt være den samme, (d.v.s. hvis man overskærer Ledningen i et vilkaarligt Punkt og derværd bestemmer Modstanden til Jord af den resterende Del af Ledningen, saa vil man for denne overalt finde samme Værdi. Z). Man kalder Z for Ledningens Karakteristik.

Man har altsaa: $V_x = Z \cdot J_x \qquad d V_x = Z \cdot d J_x$

Endvidere har man: $\div d V_x = J_x \cdot R\, dx$ og $\div d J_x = V_x \cdot \lambda\, dx$.

hvoraf: $$\frac{d V_x}{d J_x} = Z = \frac{J_x}{V_x} \cdot \frac{R}{\lambda} = \frac{1}{Z} \cdot \frac{R}{\lambda}.$$

og altsaa $$Z = \sqrt{\frac{R}{\lambda}} \text{ Ohm.}$$

(Man faar altsaa $Z = \sqrt{\frac{R}{\lambda}} \sim \sqrt{\frac{\text{Ohm} : \text{km}}{1 : \text{Ohm} : \text{km}}} = \sqrt{\text{Ohm}^2} = \text{Ohm}$ og ikke Ohm pr. km eller lignende).

Af ovenstaaende Ligninger faas endvidere:

$$\frac{d V_x}{V_x} = \div \frac{R}{Z}\, dx = \div \sqrt{R \cdot \lambda}\, dx = \div \gamma\, dx$$

hvor γ = Dæmpningskonstanten. Ved Integration af den sidste Ligning faas: $l V_x + l k = \div \gamma x$ $\quad V_x \cdot k = e^{\div \gamma x}$ $\quad x = 0;\ V_x = V_0$ giver $V_0 \cdot k = 1$

og altsaa: $V_x = V_0 \cdot l \div \gamma x$.

Spændingen aftager desto hurtigere, jo større γ er og Hastigheden, hvormed den aftager, er afhængig af $\sqrt{R \cdot \lambda}$ eller af $R \cdot \lambda$.

For Strømmen faas nu: $i_x = \frac{V_x}{Z} = \frac{V_0}{Z} \cdot e^{\div \gamma x} = J_0 \cdot e^{\div \gamma x}$.

Strøm og Spænding aftager altsaa paa samme Maade. For $\lambda = 0$ faas $Z = \infty$ og $\gamma = 0$, men man vil praktisk talt altid have en vis Afledning og ofte endogsaa i en ret udpræget Grad (fugtigt Vejr).

Eksempel: Ledning af 4 mm Jernbraad (Luftledning).

$R = 10$ Ohm/km. $\qquad \lambda = 25 \cdot 10^{\div 7}$ Siemens/km.

Altsaa Isolationsmodstand pr. km $= \frac{1}{25} \cdot 10^7 = 4 \cdot 10^5$ Ohm.

$$\Sigma = \sqrt{\frac{R}{A}} = \sqrt{\frac{10}{25\cdot 10^{-7}}} = \frac{10^4}{5} = 2000 \text{ Ohm.}$$

$$\gamma = \sqrt{25\cdot 10^{-6}} = 5\cdot 10^{-3} = 0{,}005.$$

For 200 km Ledning faas altsaa: $l = 200$; $\gamma l = 1$.

Pl. III. Fig. 3. Overdragning. Overdragningsrelaiser anvendes, naar γl bliver saa stor, at man med et Batteri af rimelig Størrelse ikke kan frembringe tilstrækkelig stærk Strøm paa Modtagerstationen. Modtagerapparater og Relaiser har alle Modstanden Σ, hvorved de ovenfor udviklede Formler kan benyttes ogsaa her.

For A) faas Ligningerne (1.) og for B) Ligningerne (2). For $e_n = \frac{1}{n} e_0$ bliver Betingelsen for, at $i_{II}' \gtrless i_{II}$: $\frac{1}{n} e^{-\frac{\gamma l}{n}} \gtrless e^{-\gamma l}$ eller $e^{-\frac{\gamma l}{n}} \gtrless n e^{-\gamma l}$

hvoraf: $e^{\frac{n-1}{n}\gamma l} \gtrless n$ og $e^{\gamma l} \gtrless n^{\frac{n}{n-1}}$

Altsaa f. Eks: $n = 2$ $e^{\gamma l} = 2^{\frac{2}{2-1}} = 2^2 = 4$ $e^{-\gamma l} = \frac{1}{4} = 0{,}25$ o.s.v.

Af Tabellen ses det, at n vokser meget stærkt med γl.

Hvis f. Eks. $1{,}85 > \gamma l > 1{,}65$, saa vil man altsaa for $n \leqq 3$ faa $i_{II}' > i_{II}$, men derimod med $n \geqq 4$ faa $i_{II}' < i_{II}$

Man kan altsaa ikke med Fordel anvende flere end 3 Relaiser, naar man hvert Sted kun vil anbringe. Spændingen $\frac{e_0}{n}$.

Pl. IV Fig. 1 og 2. Princippet og Virkemaaden fremgaar af Figurerne.

Pl. III Fig. 4. Virkemaaden af et simpelt, neutralt Relais.

Den magnetiske Kraft, der virker i det smalle Luftmellemrum mellem Anker og Polsko er $4\pi J$, hvor J er Magnetiseringsintensiteten. Inde i Jernet er Kraften meget lille og kan sættes lig med Nul. I selve Poloverfladen antages da at virke Kraften $\frac{1}{2}(0 + 4\pi J) = 2\pi J$. Kraften, hvormed Ankeret tiltrækkes, bliver da $2\pi J \cdot J$ Dyn pr. cm^2 af Overfladen. I det $B = H + 4\pi J \sim 4\pi J$ (Da H er meget lille i Forhold til $4\pi J$.) faas Tiltrækningen $\frac{1}{8\pi} B^2$ Dyn pr. cm^2 af Overfladen og altsaa faas, da hver af Polskoene har Arealet S cm^2, den samlede Kraft til:

$$p = \frac{2 \cdot S \cdot B^2}{8\pi} \text{ Dyn} = \frac{2 \cdot S \cdot B^2}{25000} \text{ g} = \frac{\Phi^2}{12500\, S} \text{ gram.}$$

Pl. IX Fig 5. Arbejdsdiagram for et simpelt Relais.

a) Strømmen $J = 0$ Kraftlinietallet $\Phi = \Phi_2$ = Remanensen

b) J vokser til J_o, hvorved Φ vokser til Φ_1,

c) Idet Φ naar Værdien Φ_1, vil p overvinde Fjederkraften, hvorved Ankeret tiltrækkes og Φ stiger yderligere til Φ_3.

d.) J synker til Værdien J_1, hvorved Φ synker til Φ_o

e) Idet Φ naar Værdien Φ_o, vil Fjederkraften overvinde Tiltrækningen p, hvorved Ankeret slippes og Φ yderligere synker til Værdien i Punktet e. Det ses, at $\Phi_o > \Phi_1$, idet Fjederkraften er noget større for Fjederen i spændt Tilstand end i slap. Hvis Fjederkraften var konstant, vilde $\Phi_1 = \Phi_o$.

a Endelig falder J yderligere til 0, hvorved Φ synker til den oprindelige Værdi Φ_2 = Remanensen. Der findes altsaa i Relaiset en Slags ~~en Slags~~ Hysterese, som gør, at det ikke afbryder og slutter ved samme Strøm og det Slykke, som Strømmen maa forøges ud over J_1 for at bevirke Ankerets Tiltrækning, benyttes til Frembringelse af Kontaktrykket K, hvis Størrelse følgelig bliver som angivet paa Figuren. Hvis Strømmen stiger yderligere et Stykke efter at Ankeret er tiltrukket, vil Φ ved Tiltrækningen stige meget stærkt saaledes, at man naar Strømmen atter er gaaet ned til Værdien I_o kommer til Punktet c" og naar derefter Strømmen synker til Nul, vil Φ kun synke til Værdien f, der er større end Φ_o og følgelig vil Magneten slet ikke slippe Ankeret igen. Se iøvrigt næste Figur.

Pl. IX Fig 6. Magnet med Hlæbeanker. Magneten er paa en eller anden Maade bragt i Tilstanden a. Idet nu Strømmen stiger yderligere til J_o, vil Ankeret i Punktet b tiltrækkes, hvorved man kommer til c. Da der nu er dannet et lukket magnetisk Kredsløb vil man ved at lade Strømmen stige til J_o' og derefter atter synke til 0 faa en almindelig Magnetiserings-

hvvv c d e . Nu vil Ankeret imidlertid fastholdes af det permanente Kraftlinietal ' o é (Der forudsættes ingen Afmagnetisering at være) og for at faa Relaiset udløst maa man altsaa sende en Strøm i o igennem det i modsat Retning. Man kan indrette det saaledes, at der gaar en stadig Strøm ÷ Jo og Relaiset vil da udløses ved den meget lille Strøm ÷ io. Denne Udløsning kan gøres meget kraftig, idet Kraftlinietallet synker omtrent til Nul, naar Ankeret slipper, og Relaiset øver sig derfor særlig til Udløsning, men derimod ikke saa godt til Overdragning, idet man jo skal bringe det tilbage i Tilstanden a inden det igen kan udløse.

Pl II Fig. 7. Heldigste Fordeling af den magnetiske Modstand. Polskoens Areal S har Indflydelse paa Relaisets Følsomhed. Køres S større, saa forøges Φ, men derfor er det ikke sikkert, at p vokser. Man har i Almindelighed:

$$\Phi = \frac{M}{M}$$ M: magn. Modstand.

Sættes den magnetiske Modstand i hvert af Polbuerne til m og i hvert af Luftmellemrummene til $\frac{a}{s}$, faas altsaa:

$$\Phi = \frac{\frac{1}{10}\, 4\pi\, n\, J}{2m + 2\cdot\frac{a}{s}} = \frac{0{,}2\pi\cdot n\, J}{m + \frac{a}{s}}$$

Man skal her bestemme Max. for p, eller, da Telleren er konstant, Min. for Nævneren. $N = (m + \frac{a}{s})^2 s$, hvilket giver

$$\frac{\delta N}{\delta s} = (m + \frac{a}{s})^2 + s\cdot 2\,(m + \frac{a}{s})\,(\div \frac{a}{s^2}) = 0 \quad \text{og altsaa}$$

$$(m + \tfrac{a}{s} = 0) \qquad m + \tfrac{a}{s} \div 2\,\tfrac{a}{s} = 0$$

$$m = \frac{a}{s}$$

Pl. IX. Fig. 8. Simpel Teori for et neutralt eller polariseret Relais med een magnetisk Kreds. Ovenfor fandtes:

$$\Phi = \frac{0{,}2\cdot\pi\cdot n\cdot J}{m + \frac{a}{s}} = \frac{0{,}2\cdot\pi\cdot n\cdot J}{l/\mu\cdot\lambda + a/s}$$

Man ser heraf, at for μ = konstant, [x] bliver Φ proportional med J

[x] Angaaende magnetiske Forhold henvises til Pl. a med tilhørende Tekst ved 24 Slutningen af Afsnittet om almindelig Telegrafi.

saalænge a er konstant eller med andre Ord: $\Phi = f(J)$ er en ret Linie gennem Begyndelsespunktet (o x og o i) Ogsaa Fjederkraften regnes for konstant, hvilket viser sig ved, at Ankeret slippes og tiltrækkes for samme Værdi af $\Phi = \Phi_0$. Denne Forudsætning vil være rigtig, naar blot Fjederen er tilstrækkelig lang. Hvis man tegner en vilkaarlig anden ret Linie o u, gennem Begyndelsespunktet, saa ses det, at det trekantede Areal mellem o u og o n, bliver proportionalt med Φ^2 og altsaa proportionalt med Ankerets Tiltrækning i Understillingen. I Punktet b, hvor Ankeret netop tiltrækkes, vil Tiltrækningen netop være proportional med Arealet $o\, b_1\, b$, hvilket Areal altsaa ogsaa angiver Fjedertrækket. Efter Tiltrækningen vil Tilstanden være givet ved Punktet c, og idet Strømmen aftager, vil Ankeret atter slippes i Punktet d, hvor Φ atter er blevet lig med Φ_0. Tiltrækningen maa altsaa nu være den samme som i Punktet b, og man kan derfor bestemme den rette Linie o i saaledes, at Areal $o\, d_1\, d$ = Areal $o\, b_1\, b$. (d, mangler i Figuren). I saa Tilfælde vil Arealet mellem o i og o i_1 altsaa angive Ankerets Tiltrækning i Understillingen. Naar Strømmen er Nul, vil Kontaktbrykket mod β (Fig 4) være lig med Fjedertrykket og altsaa prop. med $\Delta\, o\, b_1\, b = \Delta\, o\, d_1\, d$. Ved Strømmen $J = J_1$ vil Tiltrækningen være proportional med $\Delta\, o\, c_1\, c$ medens Fjedertrykket er prop. med $\Delta\, o\, d_1\, d$. Kontaktbrykket mod x (Fig 4) bliver altsaa proportionalt med Arealet $d_1\, d\, c_1\, c$. Naar Ankeret tiltrækkes af Strømmen J_1 vil det atter slippes ved en Strøm J_2, hvis Størrelse afhænger af den magnetiske Modstand i Kredsløbet og af Bevægelsens Størrelse. (Nemlig afhængig af Linierne o u og o i's Beliggenhed). Af Formlen for Φ ses, at lille magnetisk Modstand giver et stort Φ, altsaa i Diagrammet Linier med stor Stigning, og da et stort

Φ giver en stor Tiltrækning, kræves altsaa en stark Fjeder (Φ_0 stor). Endvidere vil en lille magnetisk Modstand bevirke, at Ankerets Bevægelse giver en forholdsvis stor Forandring i Φ. Linierne o u og o i vil altsaa ligge langt fra hinanden saaledes, at $\mathcal{F}_1 \div \mathcal{F}_2$ bliver stor, d.v.s. Følsomheden bliver lille. Stor magnetisk Modstand giver et lille Φ og altsaa svagere Fjeder (Φ_0 lille) og giver ved Ankerets Bevægelse forholdsvis lille Forandring af Φ saaledes, at Linierne o u og o i her ligger tæt sammen. Herved bliver $\mathcal{F}_1 \div \mathcal{F}_2$ mindre og Følsomheden altsaa større. Man kan sætte $^1/_{\mathcal{F}_1} \div \mathcal{F}_2$ som et Maal for Følsomheden. Man kan polarisere Relaiset enten ved en konstant Strøm $\mathcal{F}_0$ i en særlig Vikling eller ved en permanent Magnet. Herved kan man opnaa at faa Relaiset til at arbejde med smaa Strømme i_1 og i_2:

Enten ved i_1 og i_2 begge pos (Enkeltstrøm +)
eller ved i_1 pos og i_2 neg. (Dobbeltstrøm)
eller ved i_1 og i_2 begge neg. (Enkeltstrøm $\div$) alt efter Størrelsen af $\mathcal{F}_0$. Man kunde altsaa forøge Følsomheden ved at gøre Ankerets Bevægelse mindre hvorved o i og o u rykkede tættere sammen og altsaa $\mathcal{F}_1 \div \mathcal{F}_2$ formindskes. Herved vil imidlertid Kontakttrykket ogsaa formindskes, idet Arealet $d_1\, d\, c\, c_1$ bliver mindre. Vil man beholde samme Kontakttryk, kan man f. Eks. gøre Fjederen 4 Gange saa stærk d.v.s. Φ_0 forøges til $2\,\Phi_0$; $\mathcal{F}_2$ til $2\,\mathcal{F}_2$ og $\mathcal{F}_1$ til $2\,\mathcal{F}_1$. Herved forøges Kontakttrykket til det 4-dobbelte og for at faa samme Kontakttryk som før behøver man kun Arealet $d_1 d' c'' c_1'' =$ Areal $d_1\, d\, c\, c_1$. Herved faas en Strømdifferens $\mathcal{F}_1' \div 2\,\mathcal{F}_2 = \frac{1}{2}(\mathcal{F}_1 \div \mathcal{F}_2)$ og Følsomheden er altsaa blevet dobbelt saa stor. Til Gengæld maa man saa formindske Ankerets Bevægelse saa meget, at b' rykker hen i b'' og dette vil altsaa sætte en Grænse for,

hvor vidt man kan gaa i denne Retning.

Pl. X Fig. 1. For at Relaiset skal slaa over, maa Strømmen vokse ud over J_1 til $J_1 + \Delta J_1$. Herved vil der fremkomme et Overskud af Tiltrækningskraft som er prop. med Arealet $b_1 b f f_1$ For ringe magnetisk Modstand er dette Areal stort og det vokser stærkt med ΔJ_1 d.v.s. Relaiset arbejder hurtigt.

Pl. X Fig 2. Ved stor magnetisk Modstand vil Arealet $b_1 b f f_1$ vokse langsommere med ΔJ_1 og Relaiset arbejder altsaa langsommere. Følsomheden opnaas derfor paa Bekostning af Hastigheden.

Pl. X Fig 4. Relaisers Arbejdshastighed. Bestemmelse af Relaisets Virkning. Naar Strømmen sluttes ved Nøglen, vil Relaiset modtage en Strøm bestemt ved: $L_0 \cdot \frac{di}{dt} + R_0 \cdot i = E_0$

Heraf faas: $dt = L_0 \cdot \frac{di}{E_0 \div R_0 \cdot i} \div \frac{L_0}{R_0} \cdot \frac{d(E_0 \div R_0 \cdot i)}{E_0 \div R_0 \cdot i}$

$t = \div \frac{L_0}{R_0} \cdot l \cdot (E_0 \div R_0 \cdot i) + C$; $t = 0$ og $i = 0$ giver $C = \frac{L_0}{R_0} \cdot l : E_0$

altsaa: $t = \frac{L_0}{R_0} \cdot l \cdot \frac{E_0}{E_0 \div R_0 \cdot i}$

$$e^{\frac{R_0}{L_0} \cdot t} = \frac{E_0}{E_0 \div R_0 \cdot i} \qquad E_0 \div R_0 \cdot i = E_0 \cdot e^{\div \frac{R_0}{L_0} \cdot t} \qquad i = \frac{E_0}{R_0} \cdot (1 \div e^{\div \frac{R_0}{L_0} \cdot t})$$

Tangenten til Strømkurven i Begyndelsespunktet er bestemt ved:

$$tg\, \alpha = \left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0} = \frac{E_0}{L_0}$$

Ufgørende for Relaisets Virkning er Impurevindingstallet

$H = N \cdot i = \frac{E_0}{R_0} \cdot N \cdot (1 \div e^{\div \frac{R_0}{L_0} \cdot t})$ For et meget hurtigt arbejdende Relais vil t være meget lille, og man kan da erstatte Strømkurven med dens Tangent i Begyndelsespunktet. Herved faas:

$$i = tg\, \alpha \cdot t = \frac{E_0}{L_0} \cdot t \qquad H = \frac{E_0}{L_0} \cdot t \cdot N = c \cdot \frac{E_0 \sqrt{L}}{L + L_1} \cdot t$$

idet jo N^2 er prop med L; N altsaa prop med $\sqrt{L}$.
Man faar: $\frac{d\,H}{d\,L} = c \cdot \mathfrak{E}_0 \cdot t \;\; \frac{\frac{1}{2}(L+L_1)L^{\div\frac{1}{2}} \div \frac{1}{2} \div L^{\frac{1}{2}}}{(L+L_1)^2} = 0$

$\frac{1}{2} L_1 \cdot L^{\div\frac{1}{2}} \div \frac{1}{2} \div \frac{1}{2} L^{\frac{1}{2}} = 0 \qquad L_1 = L.$

For at faa Max af H skal Relaiset altsaa vikles saaledes, at $L = L_1$. For et langsomt arbejdende Relais kan man sætte $t = \infty$:

$$H = N \cdot i_{t=\infty} = \frac{\mathfrak{E}_0}{R_0} \cdot N = c_1 \frac{\mathfrak{E}_0 \cdot \sqrt{R}}{R + R_1}$$

idet N^2 er prop. med R. Dette Tilfælde svarer altsaa til Stykket A paa Strømkurven. I Almindelighed vil Relaierne være bygget saaledes, at den midterste Del af Strømkurven benyttes. (Stykket B).

Pl. X Fig 3. Polariseret Relais med to magnetiske Kredse.

I: Ankeret vil være fastholdt i begge Yderstillinger ved en Kraft bestemt ved: (jfr Fig. 4 og Fig. 5 Pl. IX):

$$K = \frac{\Phi_1^{2} \div \Phi_2^{2}}{25000\, S}$$

Nu har man: $\Phi_1 = \mathfrak{M} : \left(\frac{a+m}{S}\right)$ og $\Phi_2 = \mathfrak{M} : \left(\frac{a+m+s}{S}\right)$ og altsaa

$$\Phi_1^{2} \div \Phi_2^{2} = \frac{\mathfrak{M}^2 \cdot \mathfrak{J}^2}{(a+m)^2} \div \frac{\mathfrak{M}^2 S^2}{(a+m+s)^2} = \frac{\mathfrak{M}^2 S^2 \cdot s\,(2a+2m+s)}{(a+m)^2\,(a+m+s)^2}$$

eller, idet s er lille i Forhold til a og m:

$$\Phi_1^{2} \div \Phi_2^{2} = \mathfrak{M}^2 \mathfrak{J}^2 \frac{2s}{(a+m)^3} \qquad K = \frac{\mathfrak{J} \cdot \mathfrak{M}^2}{25000} \frac{2s}{(a+m)^3}$$

Den Strøm der kræves, for at Ankeret skal staa over, er bestemt ved, at den Kraftstrøm, som Strømmen skaber, skal være lig med $\Phi_1 \div \Phi_2$. Man faar altsaa:

$$\frac{\mathfrak{M} \cdot \mathfrak{J}}{a+m} \div \frac{\mathfrak{M}\,\mathfrak{J}}{a+m+s} = \frac{H \cdot i \cdot S}{2a+m+s}$$

$$\frac{\mathfrak{M} \cdot S \cdot s}{(a+m)(a+m+s)} = \frac{H\,i\,S}{2a+m+s}.$$

eller, idet baade m og s er smaa i Forhold til a:

$$i = \frac{\mathfrak{M}}{H} \cdot \frac{2s}{a}$$

II: Naar β flyttes saaledes, at c > b, saa vil Ankeret i Ro-stilling altid hvile mod a.

Pl. X Fig. 6. Siemens Relais. Dette er et Relais efter Skema-et i Fig. 3. Skruen S. tjener til at indstille p_1 og p_2 som omtalt ovenfor under Pl. X. Fig 3 II. P_1 og P_2 er løse, ind-stillelige Polsko.

Pl. X. Fig. 7. Post Office Relais. Ankeret tiltrækkes baade foroven og forneden.

Pl. X Fig 9. Man kræver ofte, at det Tidspunkt til hvilket Relaisets Anker danner Kontakt skal være bestemt med stor Nøjagtighed ved den gennem Relaiset gaaende Strøm saaledes, at der f. Eks. ikke forekommer Afvigelser paa over 10^{-4} Sek. og dette kan opnaas ved særlige Forholdsregler. For det første maa Traadrullerne være saa nær som muligt ved det Sted, hvor de magnetiske Kræfter skal benyttes, idet det altid vil tage nogen Tid inden Kraften naar ud i Polskoen. Desuden ses det, at ved de ovenfor omtalte Relaiser dannes Kontakterne ved Enden af Ankeret, medens Tiltrækningen sker et Stykke længere inde. Idet Ankeret slaar imod Kontakten, vil Tiltrækningen da give et bøjende Moment, som kan fremkalde Vibrationer og derved gøre Kontakten usikker. Dette er undgaaet paa Fig. 9., idet Kontaktfladerne er ført isoleret igennem selve Polskoens Akse. Herved vil altsaa Kræfter og Modkræfter an-gribe i samme Punkt, hvorved Vibrationerne undgaas. C_1 og C_2 tjener til Indstilling af Kontaktfladerne og S_1 og S_2 til Fastspænding. Foruden de sædvanlige Reguleringer er her an-vendt Regulering ved Hjælp af de magnetiske Shunter St_1 og St_2. Naar St_2 nærmes til Polskoen, vil Ankeret trækkes over til højre.

Pl. XI Fig 1. Telegrafiske Strømløb. Arbejdsstrøm. Det almin-

dligste er vel nok at benytte Arbejdsstrøm.
A. Paa en Telegrafstation vil næsten altid være indskudt Milliamperemeter M', idet man herved er i Stand til direkte at følge Strømmens Forløb og herved kontrollere, at Ledningen fungerer normalt.
B. Viser Tericforbindelse ved Arbejdsstrøm.
C. Dette maa anses for at være den mest praktiske Maade at indkoble Apparaterne paa. Hvis man nemlig ved B. indkobler flere Apparater, vil Modstanden stige proportionalt hermed og Strømmen altsaa synke. Ved C. kan man derimod betragte Apparaternes Modstand som den eneste betydende, og Strømmen vil da automatisk indstille sig saaledes, at hvert Apparat altid faar samme Strøm uafhængig af Apparaternes Antal, forudsat, at Batteriets indre Modstand er saa lille, at Spændingen ikke varierer kendeligt med Strømmen. Man kan altsaa altid benytte samme Batteri, medens man ved B maa variere Batteriets Størrelse efter Apparaternes Antal. Man kan ved hver Station have et Batteri, der er stort nok til at sende Strøm gennem alle de andre Stationer men kun til Hvngald benytte det samme Batteri til Betjening af flere Linier.

Pl. XI Fig. 2. Hvilestrøm. Her vil de enkelte Batterier alle hjælpe hinanden og kan fordeles over Stationerne efter Behag. Man kan altsaa f. Eks. helt undvære Batteriet paa en mindre Station, hvor Betjeningen maaske er mindre paalidelig, og til Hvngald forøge Batteriet paa en af de andre Stationer. Man kan her ikke benytte samme Batteri til flere Linier. Hvilestrøm yder større Sikkerhed end Arbejdsstrøm, idet det indskudte Milliamperemeter stadig staar paa Udslag saaledes, at Linierne her er under stadig Kontrol. Man anvender derfor oftest Hvilestrøm

ved Jernbanesikringen, medens man ved almindelig Telegrafering anvender Arbejdsstrøm.

Pl XI Fig. 3. Amerikansk Hvilestrøm. Dette System er en Kombination af Arbejds- og Hvilestrøm. Naar Linien ikke benyttes, gaar der Strøm igennem den, men naar der skal telegraferes, slaas Omskifteren over i Stillingen O_2 saaledes, at der nu benyttes Arbejdsstrøm. Dette er en Fordel, naar man anvender Sounder o. l. der egner sig bedst for Arbejdsstrøm, medens man samtidig benytter sig af den større Sikkerhed som Hvilestrømmen frembyder. Efter endt Telegrafering maa man huske at føre Omskifteren tilbage.

Pl. XI Fig 4. Dobbeltstrøm anvendes især sammen med polariserede Relaiser, der i Forvejen arbejder hurtigere og er følsommere end de almindelige Relaiser. Samtidig opnaar man at nedsætte Virkningen af Hysteresen og behøver ikke at indstille Fjederen efter Strømstyrken, thi samtidig med, at en stærkere Strøm giver en større Remanens, saa vil til Gengæld Strømmen i den modsatte Retning være saa meget større. Dobbeltstrøm anvendes alm. ved Telegrafering paa kortere Strækninger og kortere Kabler

Pl. XI Fig. 6. Dobbeltstrømsnøgle. De to Dele af Nøglen sidder i Virkeligheden ved Siden af hinanden og er altsaa i Virkeligheden to fra hinanden isolerede Nøgler. Med Hensyn til Sending af Kabelstrøm henvises til Fig. 7 og 8.

Dupleks og Diplekstelegrafi. For at benytte Ledningen saa meget som muligt, indrettes det ofte saaledes, at flere paa een Gang kan telegrafere paa samme Ledning, enten i samme Retning eller i modsat Retning og alt efter Arten har denne Form for Telegrafering forskellige Navne:

A → (←) B Alm. Telegrafering | A → ← B Dupleks-telegrafi
A ⇉ (⇇) B. Diplekstelegrafi | A ⇉ ⇇ B Kvadrupleks do

Ved almindelig Telegrafering kan der sendes eet Telegram ad Gangen enten fra A eller fra B. Falt 1.

Ved Dupleks-telegrafi kan der samtidig sendes eet Telegram i hver Retning Falt 2.

Ved Diplekstelegrafi kan der samtidig sendes to Telegrammer enten fra A eller fra B. Falt 2.

Ved Kvadrupleks-telegrafi kan der samtidig sendes to Telegrammer i hver Retning Falt 4.

Diplekstelegrafi bruges næsten udelukkende i Forbindelse med Kvadrupleks-telegrafi.

Pl. XII Fig 1. Dupleks. Differentialmetoden. N betegner Stationen A's Nodtagerapparat og Ledningen gaar fra Nøglen N til Midten n af m o.

I. Nøglen trykkes kun paa Station A. Strømmen A gaar fra Batteri gennem N til Midten n, hvor den deler sig i to lige store Dele, der hver gennemløber sin Halvdel af N og altsaa ophæver hinandens Virkninger saaledes, at Ankeret her ikke tiltrækkes. Den Del af Strømmen, der gaar ud i Ledningen L, vil paa Station B gennemløbe den øverste Halvdel m n af Nodtagerapparatet, men ikke den nederste, idet den vil søge den direkte Forbindelse n - N - Jord. Ankeret vil altsaa her tiltrækkes.

II. Nøglen trykkes paa baade A og B. Strømmen fra B skulde egentlig dele sig ved n, men den Del, der skulde tage Vejen over n m og L, ophæves af den fra A kommende Strøm. Trykkene m n paa begge Stationer, samt Linien L, vil altsaa være strømløse, medens der paa begge Stationer vil gaa Strøm i Halvdelene n o. Begge Ankre vil altsaa tiltrækkes. Man kan ogsaa sige, at naar begge Nøgler nedtrykkes, vil de to

Punkter n have samme Potential og deres Forbindelsesledning L følgelig være strømløs, medens hvert Batteri sender Strøm gennem egen Modtager og L_1 til Jord. Tegnene frembringes altsaa i dette Tilfælde af Stationen selv.

III. Nøglen trykkes paa A medens B^2 Nøgle befinder sig i en Middelstilling. Strømmen fra A's Batteri deler sig som før ved n, men nu ikke i to lige store Strømme, idet Balancen ikke mere er tilstede. Den Del af Strømmen, der gaar over L, skal nemlig ligesom før gennemløbe L + m n, men dennegang maa den nu gennemløbe den samme Strækning een Gang til, nemlig gennem Station B's kunstige Ledning L_1. Strømmen i ved B bliver altsaa kun ca halvt saa stor som før, men til Gengæld gennemløber den nu hele Modtagerapparatet n m o saaledes, at den magnetiske Tiltrækning bliver omtrent som før og Ankret her vil altsaa stadig tiltrækkes. Den Strøm i, der ved A tager Vejen over n o og den kunstige Ledning L_1 vil imidlertid være omtrent dobbelt saa stor som i, og Ankret her vil altsaa fejlagtig tiltrækkes. Man søger derfor at konstruere Nøglerne saaledes, at Tidsrummet, hvor Nøglen staar i Mellemstillingen, bliver saa kort som muligt.

<u>Pl XII. Fig 2. Amerikansk Nøgle.</u> Naar Nøglen er i Ro, vil den isolerede Fjeder F berøre S, men ikke s, og L vil altsaa over F og S være forbundet med N til Jord. Naar Nøglen nedtrykkes, ses det, at Forbindelsen mellem F og S, og altsaa mellem L og Jord, brydes i samme Øjeblik som Strømmen sluttes over F og s. Den under Figur 1 III omtalte Mellemstilling bliver saaledes ganske kortvarig her. Batteriet B vil være kortsluttet et Øjeblik, nemlig naar F berører baade s og S, og maa derfor sikres ved en mindre Modstand indskudt mellem s og B eller lignende. Nøglen N bliver ret tung at arbejde med og styres derfor hyppigt som

vist. Desuden er man herved ogsaa bedre sikret mod længere Kortslutning af Batteriet B.

Pl. XII. Fig. 4. Dupleks Bromeloden. Virkemaaden forstaas uden videre ved Betragtning af Figuren. Det vil ofte være lettere at skaffe Balance ved at give m en variabel Afledning (forbinde m gennem en stor, variabel Modstand til Jord) end ved at skulle indregulere L_1 efter Vejrforholdene, idet jo L's Afledning er afhængig af Fugtighed o. l. Hvis Modstandene r_1 og r_2 (der i Almindelighed gøres ligestore) er meget store, vil Strømmene blive for smaa. Hvis Modstandene omvendt er meget smaa, vil der næsten ingen Strøm gaa gennem Modtagerapparatet. Der er derfor en vis Modstand, der er den heldigste.

Pl. XII. Fig. 6 Amerikansk Dupleks for korte Ledninger. Ved dette System har man undgaaet Batteri paa Bistationen. I den viste Stilling vil saa at sige al Strømmen tage Vejen over R til Jord. Naar N_1 nedtrykkes, vil der være Balance ved A, saaledes at Ankeret her ikke tiltrækkes. Strømmen vil derimod gaa gennem hele Modtagerapparatet ved B og tiltrække Ankeret her. Hvis N_2 alene nedtrykkes, vil Balancen ved A være forstyrret og Ankeret her tiltrækkes; ved B vil Strømmen derimod kun gaa gennem en lille Del af Modtagerapparatet og derfor ikke tiltrække Ankeret. Hvis nu ogsaa N_1 nedtrykkes, vil Strømmen stige saa meget, at den vil være i Stand til at tiltrække Ankeret paa B, samtidig med at A's Anker stadig holdes tiltrukket.

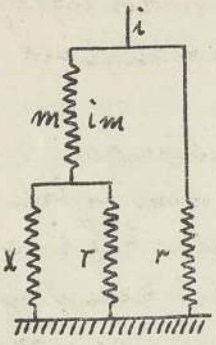
Pl. XII Fig. 5. Dupleks ved Hjælp af Modstandsvariation. N R er differentiell beviklet og Balancen tilvejebringes nu ved at N_2 trykkes ned, hvorefter L_1 indstilles ved Hjælp af et Differentialgalvanometer. Der vil altsaa være Balance

naar N_2 er nedtrykket og i saa Tilfælde vil NR ikke arbejde og N vil altsaa skrive. Slippes Nøglen N_2 vil Balancen brydes idet Hodstanden R kortsluttes; NR vil nu arbejde og N altsaa afbrydes. N dirigeres altsaa af N_2 og kun af N_2, idet N_1 blot vender Strømmen, hvilket ikke ændrer noget i NR's Arbejdsmaade. PR vil derimod kun arbejde, naar Strømmen skifter Retning og dirigeres altsaa udelukkende af N_1. Ved dette System opnaas, at Bistationen bliver meget simpel, idet den hverken indeholder Batteri eller kunstig Ledning.

Pl. XII Fig. 7. Dipleks. N_1 kan enten forstærke eller svække Strømmen i L ved at indskyde et større eller mindre Batteri. N_2 vil blot vende Strømretningen. Naar N_1 staar som vist, vil der i Ledningen gaa en saa svag Strøm, at den ikke er i Stand til at paavirke N N eller til at holde dets Ankre i tiltrukken Tilstand. Nedtrykkes N_1 vil Strømmen bevare sin Retning, men forstærkes saa meget at N N paavirkes. Da Strømretningen ikke skifter, vil P N stadig være upaavirket. Nedtrykkes derimod N_2 vil Strømmen skifte Retning og P N altsaa slaa over, medens N N ikke paavirkes heraf. N N og P N vil altsaa arbejde uafhængigt af hinanden, paavirket af henholdsvis N_1 og N_2.

Pl. XIII Fig. 1. Simpelt Diagram af Kvadrupleks. N_1 og N_2 har samme Betydning som ovenfor. Ved Strøm fra egen Sender vil NR (neutralt Relais), PR (Polariseret Relais) og Galv. være upaavirkede. De to Halvdele af N_2 er isolerede i Forhold til hinanden. Ved Strøm fra fremmed Sender vil de to Halvdele af NR og PR understøtte hinanden

Pl. XIII Fig 4. Jævnstrømsbalancen i Brocopstillingen.



Modtagerstationen vil i Virkeligheden være som vist paa hosstaaende Figur. Kaldes Modstanden af hele Systemet for R og af venstre Side for y faas $\frac{1}{R} = \frac{x+y}{x \cdot y}$, hvor $y = m + \frac{x \cdot r}{x+r}$

og altsaa: $R = \frac{r\left(m + \frac{x\,r}{x+r}\right)}{r+m+\frac{x\,r}{x+r}}$. Endvidere har man:

$r\,(i - i_m) = i_m\,(m + \frac{x \cdot r}{x+r})$ $\quad i_m = \frac{i \cdot r}{r+m+\frac{x \cdot r}{x+r}}$.

Ved Konstruktionen af den kunstige Ledning L_1 maa man kræve, at der ikke alene skal være Jævnstrømsbalance, men at det samme ogsaa skal være Tilfældet under den variable Ladnings- og Udladningstilstand. Vi gaar derfor over til at betragte Ladning og Udladning af Kondensatorer og Kabler.

Pl. XIV. Fig. 2. Kablers Ladning. Man kan med en vis Tilnærmelse se bort fra Selvinduktionen i Ledningen. I første Øjeblik regnes dog med den, idet Strømmen da vil være bestemt ved $C_0 : \sqrt{\frac{L}{c}}$. Den stationære Værdi af Strømmen er givet ved $C_0 : R \cdot l$. Den øverste Kurve i Fig. 6 angiver Strømkurven ved Kablets Begyndelse, idet Strømmen her synker efterhaanden som Kablet oplades. Den nederste Kurve angiver den samtidige Strømkurve ved Enden af Kablet. Differensen mellem de to Kurver giver det skraverede Areal og dette maa være lig med den Elektricitetsmængde, der har været nødvendig til Kablets Opladning, altsaa lig med $\frac{1}{2}\,C_0 \cdot C \cdot l$. Dette Areal fordeler sig som angivet paa Figuren.

Pl. XIV. Fig. 3. Kablers Udladning. A II. Man afbryder i Virkeligheden ved at slippe Nøglen N_1 som vist. En Strømafbrydning vil altsaa blot virke som en Strømslutning i modsat

Retning og man faar derfor Kurver som vist BI og II, Er det kunstige Kabel konstrueret saaledes, at det virker rigtigt ved Strømsluting, vil det altsaa ogsaa virke rigtigt ved Strømafbrydning.

Pl. XIV Fig. 4. Diagrammer for kunstige Ledninger. Af Ligningen Fig 2 C, ses, at Kablet vil optage samme totale Ladestrøm som en Kondensator med Kapaciteten $\frac{1}{3} C \cdot l$ og som en første Tilnærmelse for det kunstige Kabel kan derfor anvendes Systemet paa Fig. A idet Værdien $r = R l$ af Modstanden i den kunstige Ledning sikrer at den stationære Tilstand bliver den samme for begge Ledninger. Opladningen sker imidlertid her for hurtigt, da der ingen Modstand er i Serie med Kondensatoren. Man bør derfor sinke Opladningen noget ved at indskyde en Modstand r i Serie med Kondensatoren som vist Fig B. De to Kurver a og b paa Fig D vil nu have eet Punkt fælles. Ved at føje et nyt Led til som vist Fig. C. I kan man give Kurverne to Punkter fælles og ved at anvende n Led faar de n Punkter fælles (C II) o.s.v. Man kan altsaa gøre L og L_1 ækvivalente i saa høj Grad som man selv ønsker det ved blot at tilføje nye Led, kun maa man passe, at Summen af Kapaciteterne for alle Kondensatorerne tilsammen stadig er $\frac{1}{3} C \cdot l$, og at Værdierne for de foran indskudte Modstande vælges rigtigt. Paa Fig. C. III er vist en anden Form for en kunstig Ledning. Denne er egentlig blot en Kopi af den virkelige Ledning, idet man blot har koncentreret Kapacitet og Modstand i en Række Punkter, medens de i den virkelige Ledning er jævnt fordelt. Jo flere Afdelinger, man anvender, desto bedre bliver Tilnærmelsen. Den sidste Form er noget dyrere end den første, idet man her skal have Summen af Kapaciteterne lig med $C \cdot l$, medens man for kunde

nöjes med 1/3 C. l.

Pl. XV. Fig. 2. Gulstads Kabelrelais. Det ejendommelige ved Gulstads Kabelrelais ligger ikke i selve Relaiset's Konstruktion - dette kom være et almindeligt, polariseret Relais f. Eks. af den paa Pl. X Fig 7 viste Type - men derimod i de Strömlöb, der knyttes til og samarbejder med Relaiset. Princippet for det vigtigste af disse Strömlöb, Hjælpeströmlöbet eller Vibrationsströmlöbet, er vist paa Pl. XV Fig. 1. I. Hjælpeströmlöbet passerer den i Figuren antydede særlige Hjælpevikling paa Relaiset, medens dettes egentlige Vikling (Kabelviklingen), hvorigennem Kabelströmmen passerer, ikke er vist paa Figuren. Det polariserede Anker bevæger sig mellem Elektromagnetens Polsko E_1 og E_2, idet dets Bevægelse begrænses ved Kontaktpindene k_1 og k_2, mellem hvilke Tungen t bevæger sig. k_1 og k_2 er forbundne med henholdsvis den negative og den positive Pol af Batteriet B, hvis Midtpunkt er sat til Jord. r_1 og r_2 er Modstande, medens a er en Kondensator, Impulskondensatoren. Ligger t an mod k_1 gennemlöbes Hjælpeströmslöbet af den ved de fuldt optrukne Pile antydede Ström I_0. Denne Ström har en saadan Retning, at den magnetiserer Relaisets Elektromagnet paa den ved s og n antydede Maade, saaledes at Ankeret af de fra Hjælpeströmmen hidrörende, magnetiske Kræfter stödes bort fra E_1. Hvis denne Kraft, Hjælpekraften, er tilstrækkelig stærk til at overvinde de Kræfter, der söger at holde Ankeret i den i Figur 1. I viste Stilling, saa vil dette bevæge sig bort fra E_1 og Tungens Kontakt med k_1 brydes. Den holdende Kraft hidrører i Hovedsagen fra 1) den fra Polarisationen hidrörende Tiltrækning mellem Ankeret og E_1, idet Ankeret i den viste Stilling er nærmere ved E_1 end ved E_2; vi vil kalde denne Kraft den natur-

lige Tiltrækning, 2) Kontaktskævning. Ved passende Valg af Batteristyrke, Modstande og Viklingstal kan man indrette det saaledes, at Hjælpekraften efter Ønske bliver mindre end, lig med eller større end den naturlige Tiltrækning. Man kan saaledes i en vis Forstand give Relaiset en vilkaarlig stor Følsomhed. I sidste Tilfælde bevæger Ankeret sig bort fra E_1, Kontakten ved k_1 brydes, og dermed Strømmen I_0. Hjælpekraften vil altsaa ogsaa falde til Nul, Ankerets Bevægelse blive langsom og usikker, saaledes at Kontaktdannelsen ved k_2 – for saa vidt Ankeret overhovedet naar over i denne Stilling – vil foregaa under et ringe Tryk og derfor blive upaalidelig. Disse Ulemper afhjælpes fuldstændig af Impulskondensatoren a. I det Øjeblik Tungen kommer i Berøring med k_1, fremkommer der den i Fig 1. I med punkterede Pile viste Ladningsstrøm. Saa snart Forbindelsen mellem t og k_1 derefter brydes, vil Kondensatoren a udlade sig gennem den ved Pilene i Fig. 1. II antydede Strømimpuls. Da denne har samme Retning som I_0, vil den tjene til at give Ankeret en kraftig Impuls i Bevægelsens Retning, og saaledes fremskynde dettes Bevægelse og bidrage til, at t kommer til at udøve et kraftigt Tryk paa k_2, førend Bevægelsen standser. Herved sikres baade stor Arbejdshastighed og paalidelig Kontaktdannelse. Følsomhedens Betydning for Gengivelsen af Kabelsignaler er søgt anskueliggjort gennem Fig 2. I–III., der viser, hvorledes Relaiser med forskellige Egenskaber gengiver den samme Tegnkombination (– – – – –). I Fig 2. I. kræver Relaiset for at bevæge sig fra „Mellemrum" til „Tegn" Kabelstrømmen + i_0 og fra „Tegn" til „Mellemrum" Kabelstrømmen – i_0, idet aa er den neutrale Linie, svarende

til Strömmen Nul. Det fremgaar af Figuren, at det til I svarende Relais gengiver Tegnet som en enkelt, for lang Streg. Dette Eksempel svarer til et almindeligt, polariseret Relais. Fig 2 II. svarer til et „uendelig" følsomt Relais (Hjælpekraften = den naturlige Tiltrækning). Tegningen er her straks noget bedre, men dog langt fra korrekt (– – ———). Endelig svarer Fig. 2 III. til det Tilfælde, hvor Hjælpekraften er større end den naturlige Tiltrækning. Her vil, saa længe den af Kabelstrømmen frembragte Tiltrækning + den naturlige Tiltrækning er mindre end Hjælpekraften, Relaistungen vibrere frem og tilbage mellem k_1 og k_2, d: Relaiset vil af sig selv frembringe en Række Prikker. Antallet af Prikker pr Tidsenhed (Prikhastigheden) kan varieres indenfor meget vide Grænser ved Afpasning af Hjælpestrømløbets Konstanter, og Relaisets Prikhastighed gøres lig med Senderens Prikhastighed. I Fig. 2 III er forudsat, at Hjælpekraften er saa stor, at Relaiset vibrerer, naar Kabelstrømmen i ligger mellem Grænserne $\pm i_1$. Er $i < -i_1$, saa fastholder Kabelstrømmen Ankeret i Mellemrumsstillingen; er derimod $i > +i_1$, fastholdes Ankeret i Tegnstillingen. Under disse Forhold vil den i Fig. 2 III viste Tegnkombination gengives fuldt ud korrekt, idet Mellemrumsstrømmen ~~ind~~indtil Punktet c fastholder Ankeret i „Mellemrumsstillingen", mellem c og d vibrerer Relaiset og frembringer derved 3 Prikker. Mellem d og e fastholdes Ankeret i „Tegnstillingen" ved Strøgstrømmen, mellem e og f laver Relaiset selv en Prik, for derefter fra Punktet f at fastholdes i Mellemrumsstillingen. Vi vil nu gaa over til at undersøge, hvorledes Virkningen af den af Kablets Kapacitet og Modstand frembragte Forvrængning kan elimineres. Fig 3

angiver Princippet for denne Elimination. K K betegner her et kunstigt Kabel, ækvivalent med det virkelige Kabel K. Vi tænker os, at Nøglen N paa Endestationen og Tungen t paa Relaiset begge har været afbrudt i nogen Tid. Sluttes derpaa Kontakterne k' og k_1 nøjagtig samtidigt, saa vil Strømmen gennem Relaisets Kabelvikling og Hjælpevikling (der for Simpelheds Skyld forudsættes at være ens), vokse paa nøjagtig samme Maade, og da disse Strømme er modsat rettede, saa vil deres samlede magnetiske Virkning paa Relaiset blive Nul, og Tungen t vedbliver at ligge an mod k_1. Denne Kompensation vedbliver med at være fuldkommen, saalænge begge Kontakter k' og k_1 er sluttede. Brydes derimod efter en vis Tids Forløb k', medens k'' samtidig sluttes, saa vil de magnetiske Kræfter i Relaiset, saa snart den tilsvarende Forandring i Kabelstrømmen naar dette, søge at bevæge Ankeret over imod E_2, idet Hjælpestrømmen vedbliver at stige, medens Kabelstrømmen begynder at aftage. Er Relaisets Følsomhed meget stor, bliver Forholdene som antydet i Fig. 3 II. I Fig. 4 er vist Relaisets Sammensætning af 1 Prik og 2 Streger, under Forudsætning af, at Relaiset for at bevæge Ankeret kræver, at Hjælpestrømmens numeriske Værdi er a større end Kabelstrømmen. Det fremgaar heraf, at man indenfor vide Grænser kan ophæve Forvrængningens Indflydelse. Den virkelige Opstilling er skitseret i Fig 5. Det kunstige Kabel K K i Fig 3 er her erstattet af Modstandene p, r, n og Kondensatoren m. Kabelledningen er paa sædvanlig Maade ført over en med Modstanden s shuntet Kondensator c. k er et Nedlæsningsapparat, d en Modstand til Regulering af Strømmene gennem dette. Kondensatoren h, der er i Serie med

den lille Modstand w – paa Planen fejlagtigt kaldt n – tjener til at hindre Gnistdannelse ved Relaiskontakterne. Over Telegrafledningen L sendes Signalerne videre til den egentlige Modtagerstation T.

Fig 6 I og II viser Undulatorskrift gennem et længere Kabel, I uden og II med Benyttelse af vibrerende Kabelrelais. Gulstads vibrerende Kabelrelais finder navnlig Anvendelse ved Overdragning fra middellange Kabler (Modstand × Kapacitet = 0,5 à 0,75 indtil 1,0 Ohm × Farad), der arbejder med Morse-Dobbeltstrøm.

Pl. XVI. Fig 1. Brownes Kabelrelais. Lo skal forhindre Jordstrømme i Kablet (konstante Jævnstrømme hidrørende fra eventuelle Potentialdifferenser mellem Jordforbindelserne ved de to Ender af Kablet, idet saadanne vil bevirke, at Naalen ikke holder sig i Midtstillingen, men paa en konstant Deviation). De forholdsvis hurtige, egentlige Telegraftegn vil ikke kunne passere Lo, medens de relativt langsomme Ladestrømme, der hidrører fra Forandringer i Jordpotentialet, afledes gennem Lo. Hvis T ikke roterede, vilde Gnidningsmodstanden mellem Naal og Trinle blive saa stor, at Naalen vilde hænge fast. S, h og P er polerede Sølvskiver. Det svage Tryk mellem Naalen og S eller P kan give en usikker Kontakt, men det har vist sig, at naar blot der sendes tilstrækkelig stark Strøm igennem et Øjeblik kan denne Usikkerhed bringes til at forsvinde og derfor er C_1 og C_2 indskudte. Disse vil staa opladede saa længe Naalen er paa h, men naar den drives ud paa f. Eks. S, saa vil C_1 i første Øjeblik udlade sig gennem Naalen og S ved en stark Strøm, der sikrer Kontakten. R_1 og R_2 er Relaiser, der dirigerer Tegnene videre.

Pl. XVI Fig. 2 og 3. Kompensation for variabel Nullinie.
Paa Figuren er tegnet Relaisernes Stilling svarende til et Mellemrum, a og b har da samme Potential. Hvis R_2 slaar over, vil der gaa Strøm fra b til a, men den vil i første Øjeblik tage Vejen over C og for Tider svarende til de almindelige Telegraftegns Længde vil der ikke naa at gaa Strøm gennem Kompensationsrullen. Varer Strømmen paa Linien længere, vil den have Tilbøjelighed til at forløbe som vist Fig. 2. II men samtidig vil der nu gennem Kompensationsrullen gaa en stigende Strøm, som vil kompensere Liniestrømmens Dalen og altsaa holde Naalen i sin Stilling.

Pl. XVI Fig 5. Hewitleys Relais. Relaiset bestaar af en Wheatstones Bro med Modstandene w og w_1 samt Varmetraadene t og t_1. I Hvilestillingen ligger begge Varmetraade i Papirets Plan medens Spalten i Røret D ligger lidt under Papirets Plan og Spalten i Røret D_1 lidt over Papirets Plan. Traadene vil da være lige varme og Modtageren faar ingen Strøm. Naar der derimod sendes Strøm gennem Kablet, saa drejes Spolen, som er vist forover tilhøjre og derved drejes ogsaa Sadelen a a', hvorved t og t' flyttes lidt ned af Papirets Plan. Altsaa vil f. Eks. t nærme sig Spalten i D og derved afkøles mere, medens t_1 afkøles mindre og altsaa faar Modtageren Strøm.

Pl. XVII Fig 1. Overdrager for een Retning. (Princip).
Overdragningsrelaiser benyttes dels for at spare Strøm og dels paa meget lange Ledninger. Det paa Figuren viste Relais kan kun benyttes til Overdragning i een Retning.

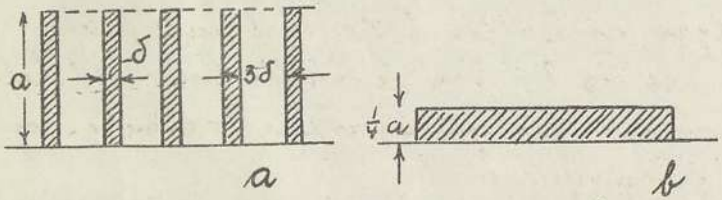
Pl. XVII Fig. 2. Overdrager for begge Retninger (Princip)
Det viste System gælder for Simplekstelegrafi med Arbejdsstrøm.

Pl. XVII Fig. 3. Diagram af komplet Overdrageranlæg.

Viser Overdragningsstationen forsynet med Nøgler N_1 og N_2 og Modtagerapparater M_1 og M_2.

Multiplekstelegrafi. Denne Form for Telegrafering bestaar i, at n Stationer knyttes til samme Ledning og det saa indrettes saaledes, at hvert af de n Stationer har Ledningen til Raadighed 1/n af Tiden.

Pl. XVII Fig. 6. Princip for Multiplekstelegrafi. Skiverne I og II er delt i fire fra hinanden isolerede Segmenter a, b, c og d og henover dem roterer de to Kontaktarme k aldeles synkront. I det paa Figuren viste Øjeblik vil de to Lameller b og de hermed forbundne Stationer have Ledningen til Raadighed; i næste Øjeblik vil det være Stationerne a, der er forbundne o.s.v. Betingelsen for, at man paa denne Maade kan telegrafere fra alle Stationer er, at Kontaktarmene roterer tilstrækkelig hurtigt, f. Eks. 5-6 Gange i den Tid, der medgaar til at sende en Prik. Strømkurven for en Prik bliver herved som vist paa hosstaaende Figur a. Hvis Modtageren er tilstrækkelig hurtigt arbejdende, vil den klappe under Afsendelse af Tegnet og for at undgaa det



lo sætter man en Kondensator C parallelt med M_a. I første Øjeblik vil Strømmen da lade C og derpaa vil efterhaanden C udlade sig gennem M_a. Strømkurven for en Prik bliver derved som vist paa Fig b.

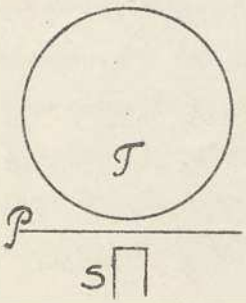
Pl. XVII Fig. 7. Antages det at man telegraferer med 20-30 Ord pr. Min., saa vil Afsendelsen af en Prik være ca 1/20 Sek. Med 10 Kontakter pr. Prik vil hver Kontakt altsaa være 1/200 Sek. Herefter skulde altsaa Kontaktarmen i Fig. 6. rotere

meget hurtigt og i Virkeligheden er det derfor indrettet som vist paa Fig. 7, hvor Lamellerne er meget smallere og naar der, som vist, antages 6 Linier, bliver da hver 6'te Lamel forbundet parallelt.

Pl. XVII. Fig. 8. Synkroniseringsindretning. Synkroniseringen af de to Klokkestave foregaar oftest som vist ved Hjælp af la Cours Tonehjul. Normalt vil Staallamellen ST. sættes i Svingninger af Elektromagneten E_1, hvorved Strømmen skiftevis afbrydes og sluttes E, der herved holder T i Rotation. Kondensatoren parallelt med E tjener til at forhindre Afbrydningsgnisten i at dannes. Det er nu indrettet saaledes, at hvis Tonehjulet paa Station II roterer lidt hurtigere end paa Station I, vil Relaiset KR, med visse Mellemrum træde i Funktion et Øjeblik, hvorved KR_2 afbrydes ved b og da ST hvert svinger hurtigere, vil Bevægelsen af T paa Station I fremskyndes lidt.

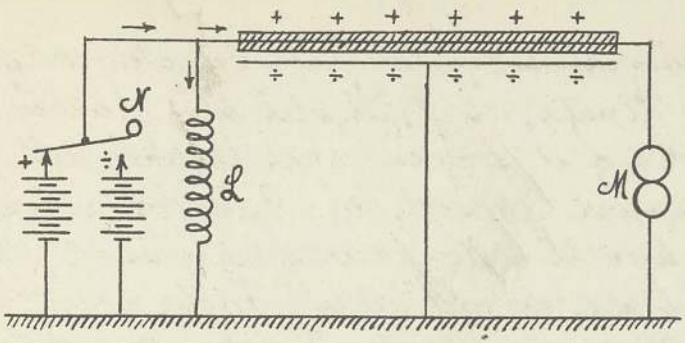
Pl. XVII. Fig. 9. Korrektionsstrømløbet. a b og c er de paa Fig. 7 viste Korrektionslameller. Lamellen c tjener blot til Udfyldning for at imødegaa, at Batteriet Bc skal sende falske Tegn paa Ledning 1. (se Fig. 7.). Paa de enkelte Linier ved Multiplekstelegrafien kan man saa yderligere paa sædvanlig Maade anvende Dupleks, Kvadrupleks o. l.

Hurtigtelegrafer og Typetelegrafer. Saadanne har hidtil ikke været særlig meget brugt. Dog benyttes Typetelegrafen ret hyppigt, bl. a. benyttes Hughes Trykketelegraf ret ofte i Tyskland. Typetelegraferne bestaar som vist hosstaaende i Princippet af en Papirstrimmel P, der føres forbi et roterende Typehjul T, paa hvis Omkreds Typerne er anbragt, og P trykkes da op mod T til det rigtige Tidspunkt af



Pl. XVIII Fig 1. Fotografisk Typetelegraf. Den almindelige Typetelegraf har den Ulempe, at Typehjulet skal standses i sin Bevægelse hver Gang et Bogstav skal trykkes, dette er undgaaet ved hosstaaende Apparat, der i Princippet er gaaet det samme, men hvor blot Bogstaverne overføres ad fotografisk Vej gennem de udstansede Huller i T. Her er det Gnisten G, der skal fremkomme i det rette Øjeblik. Apparatet kan modtage indtil 2000 Typer pr. Min. Antages 60 forskellige Typer langs Omkredsen af T, vil hver Type altsaa passere Gnistrummet i Løbet af 1/2000 Sek. For at undgaa Udtværing maa Lysblinket altsaa finde Sted med 1/5000 - 1/10000 Sek Nøjagtighed.

Pl. XVIII Fig. 2. Pollak-Virágs Hurtigtelegrafsystem. Dette System har hidtil ikke været meget brugt. Der anvendes Dobbeltstrøm. Membranen vil da skiftevis tiltrækkes og frastødes af C, hvorved Spejlet Sp vrager omkring Eggen s og derved paa Papiret P frembringer en Skrift som vist paa Fig 3. Hvis Membranen m's Svingninger er udæmpede og man sender en varig Strømimpuls af Styrke a c, vil Spejlet svinge som vist ved Kurven a c c1 d i Fig. 4. Man sørger derfor for at lade Impulsen holde op ved a1, da Spejlet er nær ved Restillingen her. Man sætter yderligere en Kondensator parallelt med C og ved at variere denne kan man gøre Impulserne mere eller mindre udprægede og herved regulere ind paa rigtigst Modtagerbillede. For at kunne aflade Kablet hurtigst kan man, som vist paa hosstaaende Figur sætte en stor Selvinduktion L parallelt til Kablet. Naar Nøglen staar som vist, vil Strømmen gaa efter Pilene. Bryder man nu Nøglen, vil Strømmen ikke pludselig ophøre i L og denne vil derfor ligefrem



lappe Ladestrømmen ud af Pladen, hvorved Afladningen fremskyndes.

Pl. XVIII. Fig. 5 viser den nyere Konstruktion med dobbelt Modtager. a er fast, medens b og c bevæges af henholdsvis m_1 og m_2, hvis tilhørende Elektromagneter er indskudte i hver sin Ledning. Der er en roterende Trommel med en skruformet Slidse s. Hvis Spejlet staar stille, vil Lysstraalen bevæge sig paa tværs af Papiret P, og da dette samtidig bevæger sig nedad, vil man faa Linier som vist paa Fig. 6.

Pl. XVIII. Fig. 7. Strømmen i Ledningerne kan nu varieres saaledes, at man faar smukt virkelige, skrevne Bogstaver som vist. Som det ses, danner Skriften een sammenhængende Linie

Pl. XVIII. Fig. 6. Da Skriften afbrydes paa et ganske vilkaarligt Sted, er Slidsen lidt længere end svarende til een Omdrejning af T saaledes, at den sidste Del af hver Linie gentages i den følgende Linie. Med dette Apparat kan afsendes ca 1000 Ord pr. Min. svarende til ca 5 trykte Bogsider.

Billedtelegraf.

Pl. XVIII. Fig. 8. Herns Synkroniseringsanordning. Man kan nok holde A_1's og A_2's Omdrejningstal ens med en Tolerance paa ca ½–1% ved almindelig Regulering og den endelige Synkronisering foregaar saa ved at A_2 for hver Omdrejning fastholdes af K_2 ved Hjælp af N_2 indtil N_1 berører K_1 og derved slutter Strømmen gennem E, der da tiltrækker a og udløser N_2. Det er en Forudsætning, at A_2 gaar lidt

hurtigere end A_1.

Pl. XVIII. Fig. 9. Kompensationsmetode. Selvcellerne vedbliver at lede Strømmen, ogsaa efter at Lyset er holdt op med at bestraale dem, og Tragheden er som vist ved Strømkurverne S_1 og S_2. Indrettes det nu saaledes, at S_1 giver den egentlige Strøm og S_2 sættes imod S_1, saa vil Modtageren faa en Strøm bestemt ved Differensen D og denne Kurve ses at falde stærkere, efter at Lyset er blændet af.

Pl. XVIII. Fig. 10. Diagram af Korns Billedtelegraf. Jo stærkere Strømmen er, desto mere vil Magneterne N S forskyde B_1 og B_2 vinkelret paa Papirets Plan og derved lukke op for Lyset. Man maa i Virkeligheden benytte Dobbeltledning for at undgaa forstyrrende Indflydelser og ikke som vist Tilbageledning gennem Jorden.

Pl. XVIII. Fig. 11. Telautograf eller Fjernskriver. Bruges en Del i Amerika (Hoteller o. l.) Tilsluttes i Almindelighed Lysspændingen.

Telegrafstationer.

Strømforsyning. Som Strømkilde anvendes mest, enten galvaniske Elementer, Akkumulatorer eller Dynamoer. Akkumulatorer og Dynamoer omtales under Storkstrømsteknikken, og kan derfor forbigaaes her. Her skal kun omtales nogle enkelte Typer af.

Galvaniske Elementer. De i Praksis til Telegrafbrug anvendte galvaniske Elementer har næsten alle en Zinkelektrode, der danner Elementets negative Pol; den anden Elektrode bestaar mest af Kul, Kobber eller Kobberilte ($Cu\,O$). Elementerne benævnes ofte efter deres positive Elektroder, ofte bruges dog ogsaa andre Navne. - Typerne adskiller sig i Hovedsagen ved: Den anvendte Syre, Maaden hvorpaa Zinken amalgameres og Maaden hvorpaa Depolarisationen foregaar. Den anvendte Syre er enten fortyndet Svovlsyre eller Saltsyre. Zinken amalgameres for at forhindre, at den opløses af Syren, naar Elementet ikke er sluttet. Den opløses nemlig ikke af Syren, naar den er amalgameret, men kun naar den indeholder Urenheder, som danner lokale Strømløb med Zinken. Amalgameringen foregaar ved at dyppe den i fortyndet Syre, hvortil der er sat lidt Kviksølv. Den hurtige Opløsning skyldes Dannelsen af smaa lokale Strømløb, i hvilke Urenheden og den rene Zink danner Elektroder. Amalgameringens Virkning beror paa, at det dannede Zinkamalgam er net ensartet over hele Overfladen. Rent Zink opløses kun langsomt af fortyndet Syre. Anbringer man derimod baade en Zinkstang og en Kobberstang i fortyndet Syre f. Eks. Svovlsyre og forbinder de to Metalstænger gennem en elektrisk Ledning, saa vil denne gennemløbes

af en elektrisk Strøm, hvis Retning er fra Kobber gennem Ledning til Zink. En saadan Anordning kaldes et galvanisk Element. I Elementet er Strømmens Retning altsaa fra „Zink gennem Vædske til Kobber" (se Fig. a). Selv om Zinken er fuldstændig ren, gaar den dog nu i Opløsning, idet der dannes Zinksulfat, der opløses, medens der udskilles Brint paa Kobberpladen. De kemiske Omsætninger er antydet i Fig. b.

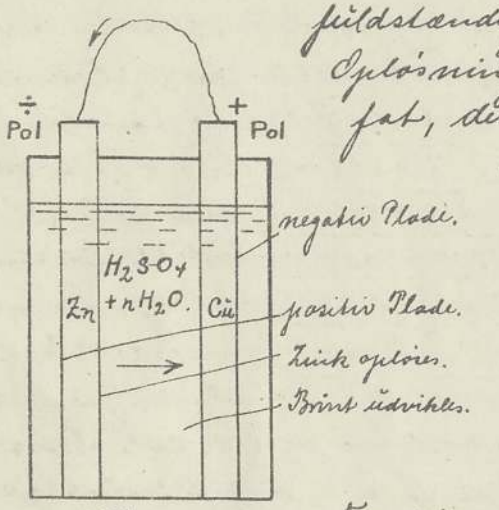


Fig. a.

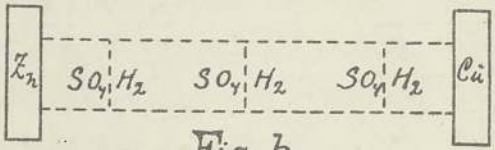


Fig. b.

For disse Omsætninger gælder som bekendt Faradays elektrolytiske Lov, idet det har vist sig, at der altid opløses (eller udskilles) 1 Gramækvivalent af vedkommende Stof, under Gennemgang af 96540 Coulomb. Passeres derfor Elementet af en Strøm paa i Amp., opløses (eller udskilles) der altsaa pr. Time: $m = \frac{3600}{96540} \cdot \frac{i \cdot A}{n}$ gr $= \frac{i}{26,83} \cdot \frac{A}{n}$ gr.,

hvor A. er Atomvægten og n Valensen. I omstaaende Tabel er anført Værdierne af A og n for nogle Metaller, samt Værdien af m pr. Amperetime.

For hver Amperetime det i Fig. a skitserede Element leverer, vil der altsaa til selve Strømfrembringelsen medgaa 1,22 g Zink. Som Regel vil dog Zinkforbruget være større, idet der, som for

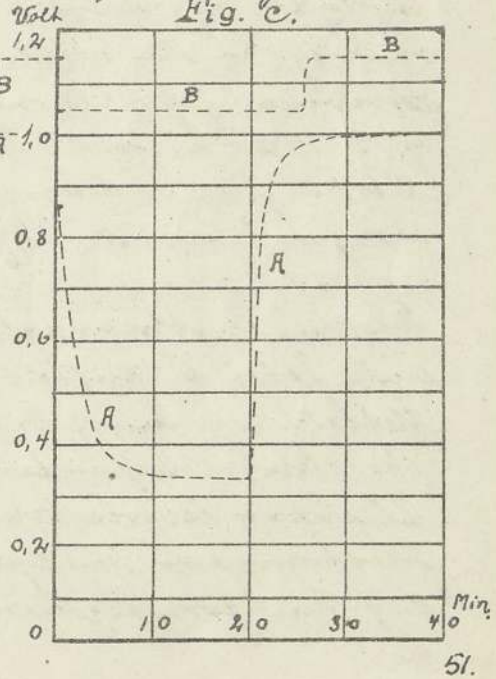
Element.	A.	n.	m. gr.
Aluminium.	27,04	3	0,338
Bly	206,40	2	3,868
Brint	1,00	1	0,037
Guld	196,70	3	2,458
Jern	55,90	2	1,047
Kobber	61,80	1	2,368
Mangan	51,80	2	1,027
Nikkel	58,60	2	1,098
Platin	194,80	4	1,817
Sølv	107,93	1	4,005
Tin	118,80	2	2,226
Zink	65,10	2	1,220

omtalt, foregaar en af Strømfrembringelsen uafhængig Zinkopløsning.

Det i Fig. a viste simple Element vil have en E.M.K. paa omtrent 1 Volt. Sluttes Elementet igennem en ydre Modstand paa 10 Ω, vil Klemspændingen straks have en Værdi i Nærheden af 0,85 Volt, men den falder meget hurtigt.

I Fig. c viser Kurven A Klemspændingens Forløb. I Løbet af paa Minutter synker V. fra ca. 0,85 ned til ca. 0,33 Volt, paa hvilken Værdi den da kan holde sig i længere Tid. Efter 20 Minutters Forløb er det ydre Kredsløb kunst afbrudt. Klemspændingen voksen da ret hurtigt op til Værdien E_A. Denne hurtige Dalen af Klemspændingen skyldes Polarisationen, der fremkommer ved, at den ved Cu-Pladen udviklede Brint til at begynde med afsætter sig

Fig. c.



paa denne Plade og opløses i den ~~i den~~ omgivende Vædske. Først naar Brintlaget har naaet en vis Tykkelse, indtraden der stationære Forhold, idet den udviklede Brint nu bobler op til Overfladen. Men dette Brintlag vil i Forening med Ilt ved den anden Elektrode, danne et Element, hvis E.M.K har modsat Retning af den oprindelige. Man forstaar nu Forløbet af Kurven A i Fig. c. Afbrydes Strømmen, hvorved Brintudviklingen op ag da Brinten dels opløses af den omgivende Vædske, dels gaar bort til Overfladen, vil Elementets Klemspænding igen vokse op ag til sidst naa Elementets oprindelige E.M.K.

Polarisationen er i høj Grad uheldig for Elementets Anvendelse, man søger derfor at undgaa den ved at „depolarisere" Elementet. Hertil kræves, at man fjerner det dannede Brintlag fra Cu-Pladen, eller rettere sagt, at man sørger for, at det ikke faar Lejlighed til at danne sig. I denne Retning virker alle Midler, der letter Bortgangen af den udviklede Brint, f. Eks. Bevægelse af den negative Plade, en rå Overflade af denne Plade. De kraftigste og almindeligst benyttede Depolarisatorer er dog af kemisk Natur. Det første Element af denne Slags er konstrueret af Daniell (1836). I hans Element staar Cu-Pladen i en Opløsning af $CuSO_4$, det hele anbragt i en porøs Lerkrukke. Denne er omgivet af fortyndet Svovlsyre, hvori Zn-Pladen (amalgameret) befinder sig. Det hele er anbragt i en Glaskrukke. Naturligvis kan man ogsaa lade Cu-Pladen + $CuSO_4$ Opløsningen befinde sig ydersk, medens Zn-Pladen + H_2SO_4 er i Lerkrukken. De kemiske Virkninger

er antydet i Fig. d. Zn gaar i Opløsning som $ZnSO_4$. Den frigjorte Brint forbinder sig med $CuSO_4$, idet den danner H_2SO_4 og frigives Kobber, der sætter sig paa Cu-Pladen. Man opnaar paa denne Maade en ret fuldstændig Depolarisation. I Fig. c viser B Forløbet af Klemspændingen, idet et saadant Danielelement sluttes gennem en Modstand paa 10 Ohm. Man ser, at Depolarisationen praktisk talt er fuldkommen.

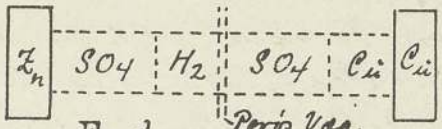


Fig. d.

I Tidens Løb vil dog Svovlsyre og det dannede Zinksulfat diffundere gennem den porøse Væg og ind til Cu-Pladen. Der vil da afsætte sig Brint eller Zink paa denne Plade, og Polarisationen vil tiltage. (Zinkens Virkning er ganske analog med Brintens). Ligeledes vil Kobbersulfatet diffundere ud og tildels naa Zn-Pladen. Endelig vil Zn-Pladen og $CuSO_4$ efterhaanden bruges op. Alt dette foier til, at den EMK, der oprindelig er Ca. 1,4 Volt, bliver lavere i Tidens Løb. Elementet egner sig kun til at afgive en lille Strøm. Elementets største Fejl er dog, at der udfældes Kobber paa og i Lerbrikken, saaledes at denne efterhaanden bliver ubrugelig. Dette sker ogsaa naar Elementet er strømløst. Lerbrikken tjener kun til at adskille de to Vædsker, nemlig $CuSO_4$ og H_2SO_4 (eller $ZnSO_4$). Anbringes disse to Vædsker over hinanden i et Glas, bevirker man slet ingen Adskillelse, idet deres Vægtfylde er forskellig. $CuSO_4$, der er den tungeste, anbringes nederst. Et saadant Element, Meidingers Ballonelement, er vist i Fig. e. Cu-Pladen er anbragt i et lille Glas k, dette

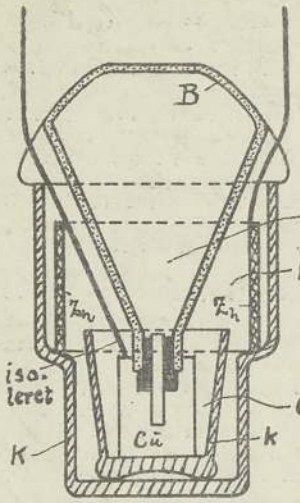


Fig. e.

er fyldt med $CuSO_4$. Efterhaanden som denne Opløsning bliver tyndere, trænger der koncentreret $CuSO_4$ ned fra den anvendte Flaske B, Ballonen, der er fyldt dels med $CuSO_4$ Opløsning, og dels med $CuSO_4$ Krystaller. Zn-Pladen er anbragt højere oppe staaende paa et Fremspring paa det ydre Glas K. Zn-Pladen er som Regel angivet af en Opløsning af $MgSO_4$ (f. Eks. 1 Tg $MgSO_4$ i 1 l H_2O). De kemiske Omsætninger bliver da: $Zn + MgSO_4 = ZnSO_4 + Mg$ og $Mg + CuSO_4 = MgSO_4 + Cu$.

Virkningen er altsaa ganske analog med den, der vilde finde Sted, hvis man havde anvendt Svovlsyre i Stedet for Magnesiumsulfat. Dette Element er meget konstant og anvendes meget som Telegrafelement, særlig ved Hvilestrøm. Et andet, simplere Element efter samme Princip er vist i Fig. f. Zn-Pladen er cylindrisk og hænger ved 3 Hager paa Glassets øverste Rand. Paa Glassets Bund staar en Blyklods fra hvis Midte en Blystift gaar op midt i Elementet. Den nederste Del af Glasset er fyldt med $CuSO_4 + H_2O$, i Glassets øverste Del er den $ZnSO_4 + H_2O$. Det udskilte Kobber sætter sig paa Blypladen. $CuSO_4$ Opløsningen fortyndes derved; til Erstatning tilsættes nye $CuSO_4$ Krystaller. Naar

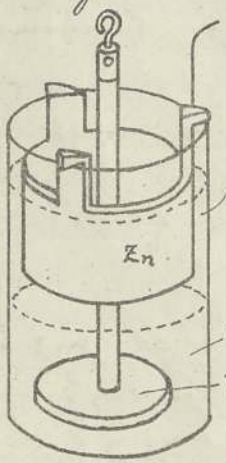


Fig. f.

$Zn\,SO_4$ Opløsningen bliver for koncentreret, maa en Del tages af og erstattes med Vand. For at hindre Udskillingen af Zinkvitriolkrystaller paa Glassets Rand, males denne med Oliefarve. Det samme gøres ogsaa ved den øverste Ende af Blyspinden. Blypladen maa være ren, for at Kobberet kan afsætte sig paa den.

For paa den anden Side at kunne fjerne Kobberet, naar den har samlet sig altfor meget, overstryger man Blypladen før Brugen med varmet Svinefedt. $Cu\,SO_4$ Opløsningen har Tilbøjelighed til at diffundere op og afsætte Cu paa Zn-Pladens nederste Rand. Denne maa derfor af og til skrabes. (Dette Element anvendes meget af den tyske Telegrafforvaltning.)

Bunsens Element har sin positive Pol, Kul, i koncentreret Salpetersyre, anbragt i en porøs Lercylinder. Denne staar i et Glas med fortyndet Svovlsyre, heri en Zn-Pladen (amalgameret) anbragt. Elementets Virkemaade er antydet i Fig. g.

Den udviklede Brint optages af Salpetersyren, under Dannelse af Salpetersyrling (HNO_2), Salpetersyre (NO_2) og Vand. De udviklede Luftarter er giftige.

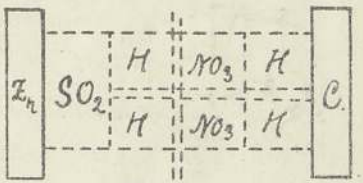


Fig. g.

Elementet har en høj EMK ca 1,9 Volt og en ringe indre Modstand, men de udviklede, sygelige Luftarter gør, at man kun i faa Tilfælde kan anvende det.

De hidtil omtalte, kemiske Depolarisatorer har været i flydende Form. Man anvender ogsaa ofte faste Depolarisatorer. Herhen hører det saakaldte Cupron Element. Disse Elementer bestaar af en Kobberplade, der er dækket med et fast Lag Kobberilte ($Cu\,O$); an-

bragt mellem to Zinkplader. Vædsken er en Natronopløsning (NaOH). Den E.M.K. under Brugen er ca 0,85 Volt; den indre Modstand er kun ca. 0,06 Ohm.

Disse Elementer er meget konstante, og Zinkforbruget kun det teoretiske. Den frigjørte Brint afilter Cuprumpladen. Denne regenereres ved at ilte i Luften; ved Opvarmning til 100 à 150° kan dette ske i Løbet af nogle Timer, ved alm. Temperatur i Løbet af nogle Dage.

Leclanchés Element er et Zn-C Element i Salmiakopløsning. Kulelektroden er omgivet af en Blanding af Brunsten (Mn_2O_2) og Kul. Den virksomme Del er Brunsten, men denne leder dårligt, hvorfor den blandes med Kul. Denne Blanding holdes sammen paa een eller anden Maade, f. Eks. ved en porøs Lerbrukke, ved Ombinding eller ved Sammenkitning og Presning. De kemiske Omsætninger er:

$$Zn + 2NH_4Cl = ZnCl_2 + 2NH_3 + H_2 \quad \text{og}$$

$$H_2 + 2Mn_2O_2 = Mn_2O_3 + H_2O.$$

Depolarisationen er dog ikke fuldstændig (en Del af Brinten afsætter sig direkte paa Kulpartiklerne).

Klemspændingen falder derfor ret hurtigt efter Strømsluttningen, naar da Strømmen ikke er meget ringe. Paa den anden Side tager Polarisationen sig meget hurtigt efter Strømbrydningen. Elementet har en E.M.K paa ca. 1,5 Volt; dets indre Modstand er forholdsvis ringe 0,25 à 0,5 Ohm. Naar Elementet ikke bruges sker der saa godt som ingen kemiske Omsætninger. Det egner sig derfor fremmerket til intermitterende Arbejde (Ringeanlæg, Telefonbrug o.s.v.)

Det største Gene er, at Vædsken fordamper, og at Salmi-

akken krystalliseren og kryber over Glassets Rand. Denne bør derfor være besmurt med smeltet Parafin. (Brūges ogsaa ved andre Elementer). Ved Brūgen dannes Klare, haarde Krystaller af Forbindelsen af Zink, Ammoniak og Klor. Disse Krystaller afsætter sig dels paa Bunden af Glasset, dels paa Zinken. Dette undgaas saa meget som muligt ved at bruge Amalgameret Zink og en mættet Salmiakopløsning.

Tørlementen er halvvaade Leclanchē Elementer, i hvilke Vædsken er tilsat saa meget gummiagtig Stof, at det hele danner en gelleagtig Masse. Et Eks. er vist i Fig. h, den foretrækkes det meget benyttede Hellesen-Element. Den Ell. K. er ca. 1,5 Volt; Depolarisationen er noget kraftigere end ved det vaade Leclanchē Element, og den indre Modstand noget mindre. Ved forskellige Tilsætninger er Elementets Varighed sat ret betydeligt op, det kan nu lagres i lang Tid uden at tabe synderligt. Da det endvidere er meget bekvemmere end de vaade Elementer, har det faaet en meget stor Udbredelse baade til Telegraf- og Telefonbrug og ogsaa paa anden Maade,

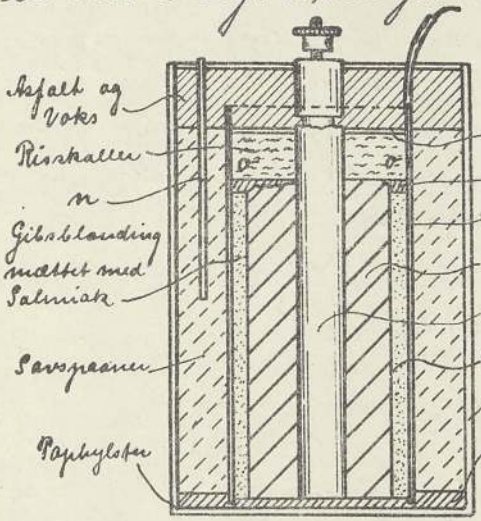
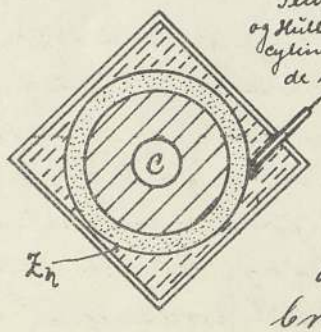


Fig. h.



særlig i alle de Tilfælde, hvor Strømforbruget er in-termitterende.

Paa store Stationer anvendes nu mest Akkumulatorer, der enten oplades direkte fra Jernstrømsnet eller gennem en passende Motorgenerator. (Paa saadanne Steder, hvor der ikke findes noget Stærkstrømsnet, har man ogsaa ladet Akkumulatorerne ved Hjælp af galvaniske Elementer. De to Batterier indskydes da parallelt. Naar Strømforbruget er stort leveres det næsten udelukkende af Akkumulatorerne; ved ringe Strømforbrug lades disse igen af Elementerne. Klemspændingen bliver paa denne Maade omtrent uafhængig af Strømstyrken. Denne Metode anvendes i Tyskland.) Paa saadanne Steder, hvor Pladsforholdene ikke tillader Opstillingen af et Batteri, har man som an-tydet i Fig. i taget Telegraf-strømmen direkte fra et Stærkstrømsnet.

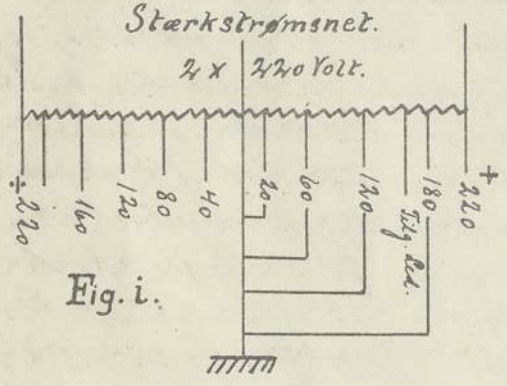


Fig. i.

I Amerika anvendes ofte direkte Dynamostrøm. (se Fig. j og k.). Viskal derefter gaa over til Omta-lem af nog-le andre Strømforsyninger ved Stati-oneindret-ninger.

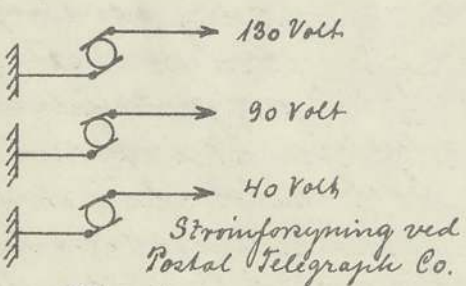


Fig. j.

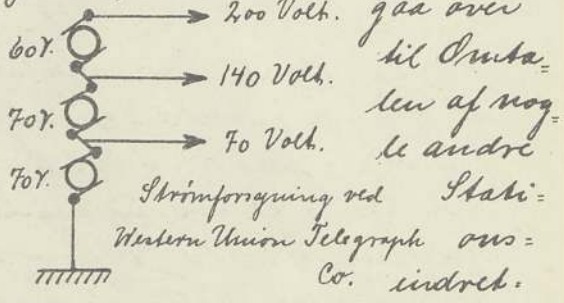


Fig. k.

Linievekslere tjener til at forbinde Stationens Telegrafapparater med Telegrafledningerne og til at forbinde disse indbyrdes. Man skelner mellem Skinnelinievekslere og Jacklinievekslere. Fig. 1. viser et Eksempel paa en Skinnelinieveksler for en Mellemstation.

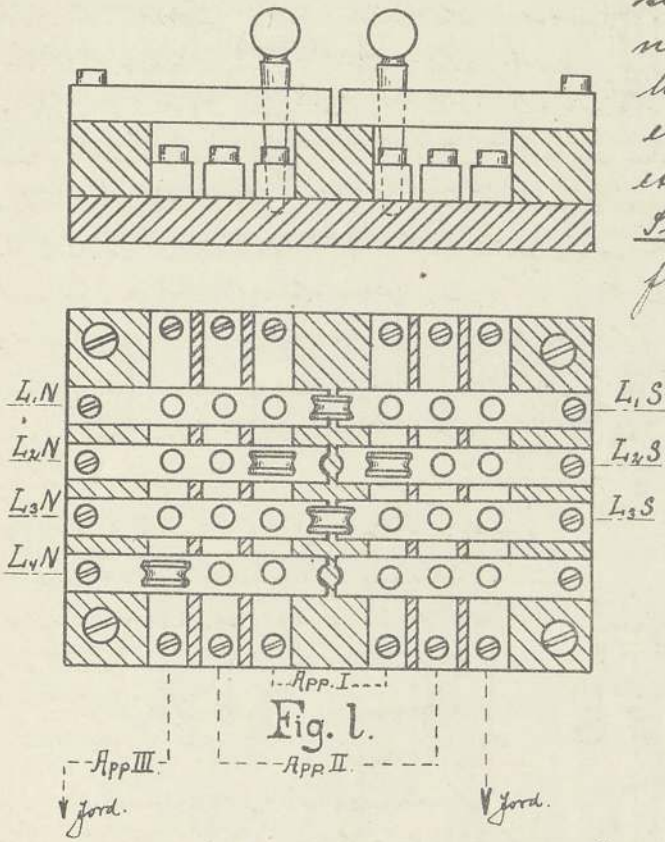


Fig. 1.

I den senere Tid foretrækker man de billigere og bekvemmere Jacklinievekslere hvor Telegrafledningerne er ført til saakaldte „Jacker" og Sammenstillingerne foretages ved Hjælp af Propper forbundet ved Snore. Paa mindre Stationer er alle Ledningerne ført til en saadan Jacklinieveksler, ved Hjælp af hvilken man kan sammenstille Ledningerne indbyrdes og indskyde Stationens Apparater paa Ledningerne. Paa større Stationer føres Ledningerne ofte gennem flere Jacklinievekslere („Telegrafmultipler") anbragt paa Stationens forskellige Telegrafborde.

Til hver gennemgaaende Ledning hører 2 Jacker, mellem hvilke der er anbragt en Navneplade med Ledningens Betegnelse. I Fig. m er vist to saadanne sammenhørende Jacker for en „gennemkoblet" Led-

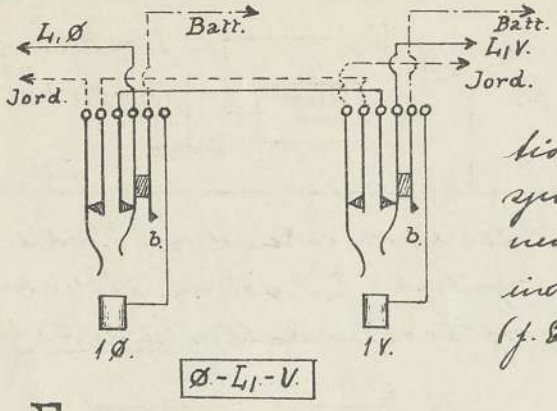


Fig. m.

de to Traade, der forbinder Jackerne, se Fig. n. Paa denne Figur ses endvidere et Telegrafapparat T og en Nøgle N med tilhørende Skriversnor S med 3-polet Prop P og Meddelelsessnoren med 2-polet Prop M. Indsættes Proppen P i Jacken 1 Ø som vist paa Fig. n, faar man de i Fig. o viste Kredsløb.

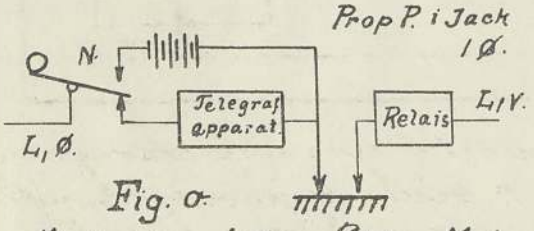


Fig. o.

Indsættes tillige Prop M i 1 V, faar man de i Fig. p viste Kredsløb. En mange Ledninger korrespondancetabelle

ning. Naar den ingen Proppen findes i Jackerne, gaar Ledningen direkte gennem Stationen. Er Stationen „korrespondancekoblet" paa den gennemgaaende Ledning, findes der indskudt et Signalapparat (f. Eks. et Relais) som Shunt paa

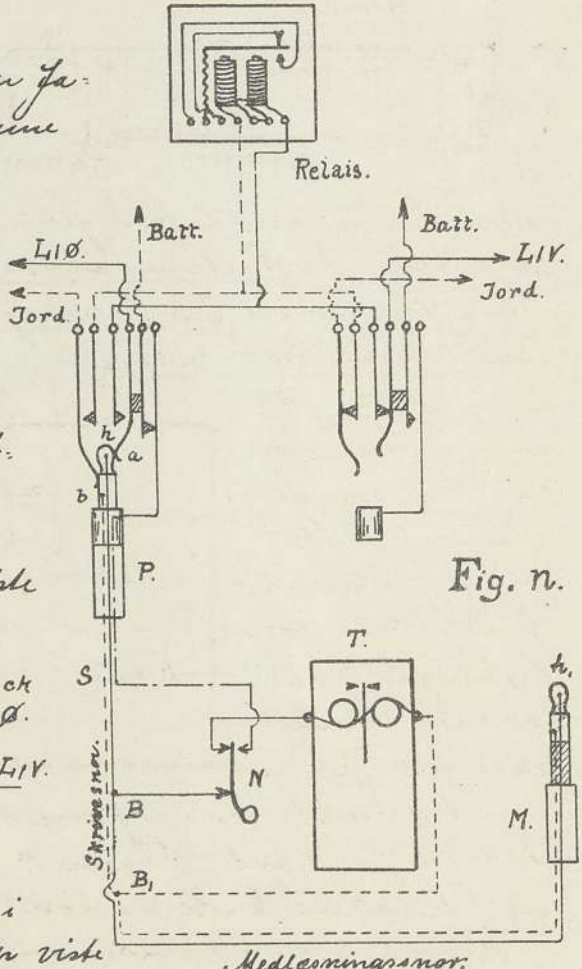


Fig. n.

paa Stationen, kan man vanskeligt holde de forskellige Signaler ude fra hinanden. Man anvender da

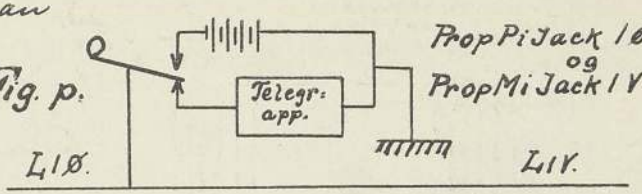


Fig. p.

Blinkere, indskudt i Relaisernes sekundære Kredsløb, der gengiver Signalerne synligt. En saadan Blinker er vist i Fig. q. En Telegrafstation kaldes Endestation,

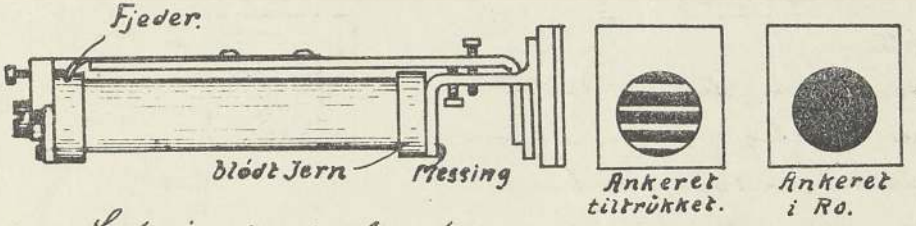


Fig. q.

naar Ledningen ender paa Stationen, og Mellemstation, naar Ledningen føres igennem Stationen. En Overdragningsstation er en Mellemstation, hvori Ledningerne fra begge Sider ender i et Overdragningsapparat. Ofte vil den samme Telegrafstation for nogle Ledninger være Endestation, for andre Mellemstation, og maaske ogsaa Overdragningsstation for nogle. Figur r. viser Apparatforbindelsen paa en Endestation af den simpleste Form.

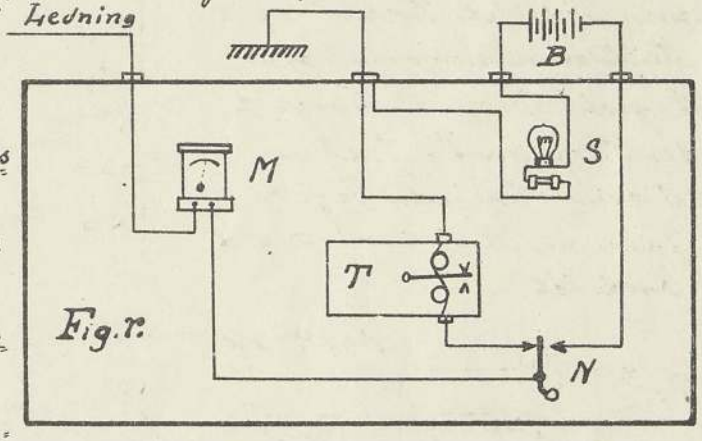


Fig. r.

Figur s. viser Strømdiagrammet for en Skuntmellemstation med Knapvekslere KN og KS samt Omstiller O.

Den er to Telegrafnøgler N og n. Af disse er n kun bestemt til at afgive en korte re Besked og der for som Regel af en meget simpel Konstruktion. Fig. t-y viser Strøm diagrammet for de forskellige Stillin gen af Knapperne KN og KS samt Omstilleren O.

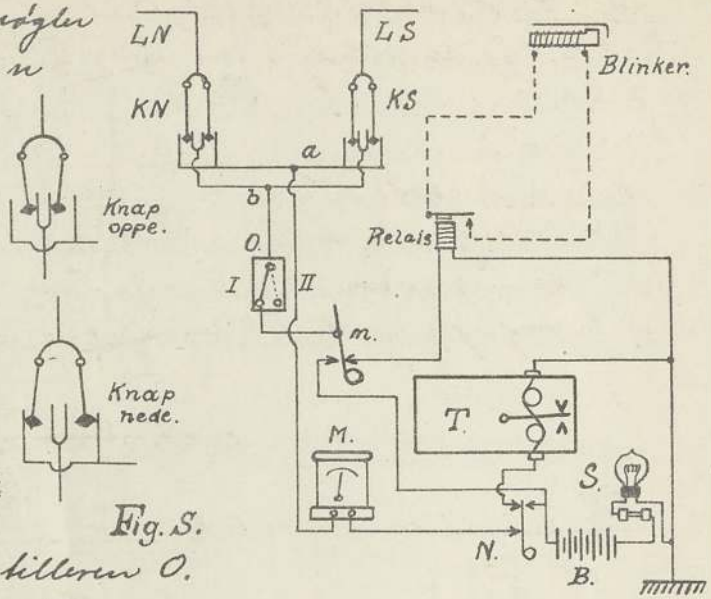


Fig. S.

Fig. t.

Fig. t. KN oppe, KS oppe; O i Stilling II Ledningen gennem stillet.

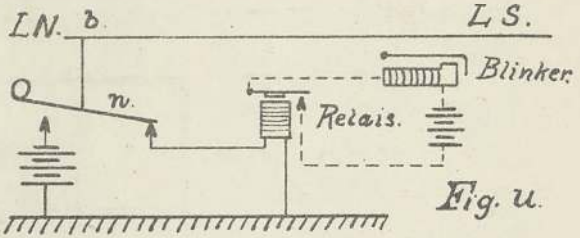


Fig. u.

Fig. u. KN oppe. KS oppe; O i Stilling I, Medhøring paa Relais.

Fig. v.

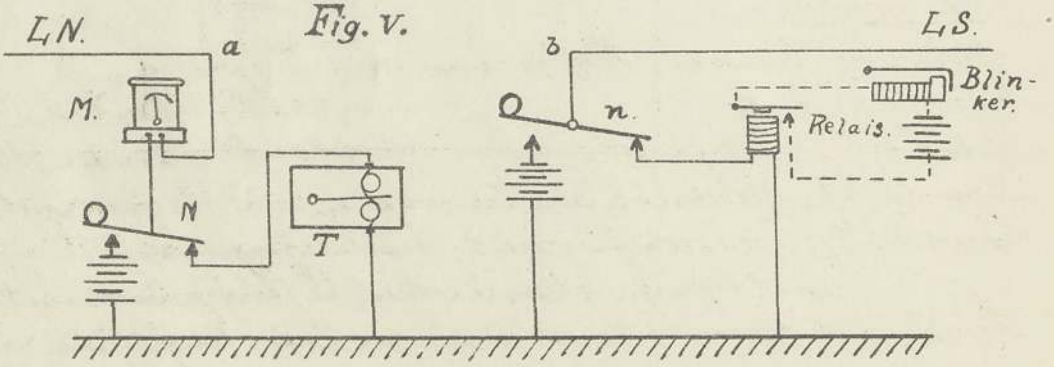


Fig. v. KN nede, KS oppe; O i Stilling I. Telegrafapparatet i Endestilling mod LN; Relais i Endestilling mod LS.

Fig. x. KN nede, KS nede; O i Stilling I eller II. Meldening paa Telegrafapparatet.

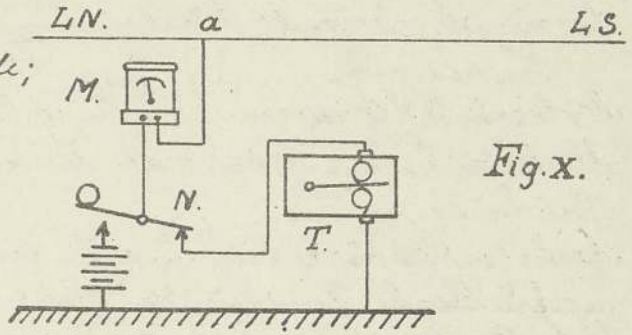
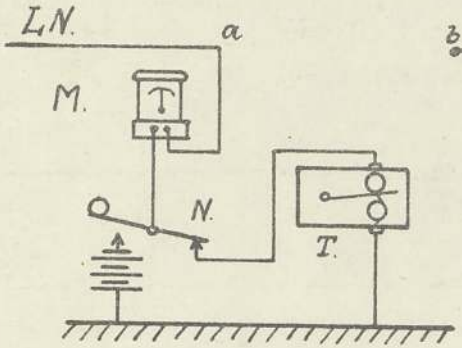


Fig. x.



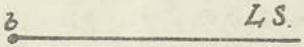


Fig. y.

Fig. y. KN nede, KS oppe, O i Stilling II; Telegrafapparatet i Endestilling mod LN, Ledning LS isoleret.

Litteratur:

Crotch, A: Elementary Telegraphy and Telephony. (223 S.) London 1903.

Herbert, T. E.: Telegraphy ..... (985 S.) London 1916.

Karraas, Th.: Geschichte der Telegraphie. (702 S.) Braunschweig 1909.

Knopf, G.: Die Stromversorgung der Telegraphen- und Fernsprechanstalten. (241 S.) Braunschweig 1910.

Korn, A und Glatzel: Handbuch der Phototelegraphie und Telautographie. Leipzig 1911.

Kraatz, A: Mehrfach-Telegraphen (227 S.) Braunschweig 1914.
Lee, J: Economics of Telegraphs and Telephones (86 S.) London 1913.
Lorain, M: Cours de Construction de Lignes I-II (341-344 S.) Paris 1914.
Mc Nicol, D: American Telegraph Practice. (507 S.) New York 1913.
Neuhold, E: Die Technik der Fernmelde-Schaltung (86 S.) Berlin 1918.
Naebels, Schlickeisen und Jentsch: Telegraphie und Telephonie [C. Heinke: Handbuch der Elektrotechnik. XII.] (896 S.)
Pohl, R: Fernübertragung von Bildern (45 S.) Braunschweig 1910.
Preece, W. H: Telegraphy . . . . . (432 S.) London 1914.
Statstelegrafen: Telegraf- og Telefonteknik. (296 S.) Kjöbenhavn 1909.
Tongas, M: Cours d'Installations Téligraphiques I-II. (480-294 S.) Paris 1913.
Turpain, A: Télégraphie . . . . (180 S.) Paris 1910.

Telefoni.

Telefon og Mikrofon.

Pl. I. Fig 4. Virkemaaden fremgaar tydeligt af Figuren. Det bemærkes, at Bell oprindelig anvendte Elektromagneten.

Pl. I. Fig 2. Dette var Bells oprindelige Forslag, der, som det ses, minder meget om de moderne Fretsvens maader.

Pl. I. Fig 7. Naar man anvendte baade Sender og Modtager ved hver Ende, var disse indrettet i Serie. Den modtagne Lyd var dog for svag, man maatte derfor gaa over til andre Former for Senderen. Den til dette Brug benyttede Telefon var konstrueret som vist paa Fig 6.

Pl. I. Fig 5. En Fejl ved Bells oprindelige Telefon var, at den magnetiske Modstand var altfor stor, han gik derfor ret hurtigt over til horisontale Form, hvorved faas en langt større Kraftlinievariation. I denne og i de senere Konstruktioner er Elektromagneterne erstattede med permanente Stålmagneter.

Pl. I. Fig 8. Det ses af Kurven B, at der maa være et Punkt, hvor $L \cdot \Phi_0$ er Maksimum, hvilket ogsaa fremgaar af Kurven C.

Pl. I. Fig 9. Ericssons Telefon.

Denne Konstruktion er meget anvendt her i Landet. Afstanden mellem Membran og Polstk kan varieres ved Hjælp af Skruerne s_1 og s_2. Herved er dog den Ulempe at man da ogsaa ufrivilligt kan komme til at variere denne Afstand. Desuden er Klemmerne K_1 og K_2 anbragt uden paa Telefonen, hvilket er baade mekanisk og elektrisk set uheldigt, da Traadene let er udsat for Beskadigelser, og Membranen

er tildrat for at berøre Ledningerne. For at undvikе dette er ofte anbragt en tredie Traad, den saakaldte Jordtraad, der ikke indeholder nogen Ledning og er fastgjort til Hylstret.

Pl. 1 Fig 10. Mordens Belltelefon. Ovenstaaende Ulempe er helt undgaaet ved denne Konstruktion, den er helt omgivet af et isolerende Hylster og hvor Ledningerne er fastgjort til Stellet som vist. Den særlige Klemming R. skal muliggøre, at Telefonen kan benyttes selv om Prestyknkel D slaas i Stykker.

Pl. 1 Fig 12. d'Arsonvals Telefon. Denne Konstruktion med ringformede Paleks skulde muliggøre en mere symmetrisk Paavirkning af Membranen.

Pl. 2. Fig 1. Siemens Telefon. De første dyske Telefoner lignede de almindelige Belltelefoner, men var blot af Trd. Hosstaaende viser imidlertid den af Siemens konstruerede Form. Telefonen gaar helt uden om Gret, hvilket maaske nok er en Fordel ved længere Tids Telefonering, men til Gengæld er den mindre følsom, tungere og dyrere end Bells Telefon. Det ses, at Palekrene er opslidsede for at formindske Hvirvelstrømstabet. Denne Konstruktion har været en Del benyttet i Tyskland

Pl. 2. Fig 2. Daniellelefon. Dette er en ret almindelig anvendt Form, hvor det gælder om at gøre Telefonen let. Magneterne er ikke ringformede og altsaa ikke saa kraftige som Stangmagneterne hvorfor denne Form heller ikke er saa følsom som Bells Telefon.

Pl. 2. Fig 3. Baldwins Telefon. Magneten er en

skraat opslidset Ring, hvorved Polerne fremkommer som vist. A er en Staalkamel, der overfører Bevægelserne til Glimmermembranen M. Denne Telefon er forholdsvis følsom ved Frekvenser i Nærheden af Egensvingningstallet. Den egner sig ikke saa godt til Taleoverføring, da den giver temmelig stor Forvrængning, men er derimod god som Modtager af traadløse Signaler.

Pl. 4. Fig 5. Telefonen med Jævnstrømspolarisering. Disse Telefoner kan anvendes til Systemer med Centralenergi. De kan göres noget lettere end de almindelige.

Pl. 4. Fig 6. Kondensatortelefon. Denne Telefons Virkemaade beror paa, at Tiltrækningen mellem Kondensatorpladerne er proportional med: $(V+v)^2 = V^2 + 2Vv + v^2$. Her er v den Spænding, der induceres i Transformatoren af Taleströmmen, v^2 er da forsvindende lille og V^2 er en konstant Størrelse bidrörende fra den konstante Jævnspænding. (Variationerne i v.) Tiltrækningen er altsaa proportional med v. Dr. er en Drosselspole (Dämperiole), der spærrer for v denne Vej. Som det ses af Kurverne, har Kondensatortelefonen omtrent samme Følsomhed, som den almindelige Telefon ved höjere Frekvenser.

Pl. 4. Fig 7. Termofonen.

A: Preeces Termofon. Platintraaden vil opvarmes af den Ström, der passerer den og derved udvide sig, hvilket forplantes til Membranen M. Man maa polarisere med Jævnström som vist, da Udvidelserne ellers bliver for smaa. Apparatet har ikke været anvendt, da det ikke er følsomt nok.

B: de Langes Termofon. Denne Form kan maaske i Fremtiden komme til at spille en Rolle, da den er saa lille og let, og da man f. Eks: kan opstille mange par i en Sang uden at de fjernes saa meget fra hinanden, at den bliver en kendelig Tærefor-skel. (Ved Lydsynlighedsberegning har Lord Ray-leigh vist, at naar n Lydgivere med samme Tone og Styrke, men med tilfældig Fase, svinger samti-dig (i Korsang) saa vil Styrken af den enkelte Tone være $\frac{1}{n}$ af Sangs Styrken af den enkelte Lydgiver.) Apparatet sættes ind i Kredsen, hvorved Lufttrykket i dette vil variere med Traadens Opvarmning.

Pl. 3. Fig 1. Edisons Transmitter. C er Kul, der sammentrykkes mellem Pladerne, naar Membranen trykkes ind. Konstruktionen beror paa den Opfattelse, at Ledningsevnen af Kul skulde variere med Tryk-ket, hvilket har vist sig at være fejlagtigt, idet man ved Forsøg ikke har kunnet konstatere væsentlige Forandringen selv om Kullet var udsat for et Tryk paa ca. 1 t pr. cm^2. I Virkeligheden er det blot Overgangsmodstanden, der varierer med Trykket.

Pl. 3. Fig 2. Hughes Mikrofon. Overgangsmod-standen mellem Kulstykkerne C og A vil variere ved selv meget svage mekaniske Paavirkninger. Dermed er Gengivelsen af Talen meget ufuldstæn-dig.

Pl. 3. Fig 3. Blakes Mikrofon. Denne Form har været anvendt en Del. Mod M trykker eventuelt en Fjeder for at dæmpe Egensvingningerne. F_1 og F_2 er Fjedre, der begge trykker ind mod M. Dette Tryk

kan varieres ved Hjælp af s. Pt = Platin, C = Kul. Bliver Strømmen for stærk, virker Apparatet som en Selvafbryder, idet da Berøringsstedet mellem Pt og C bliver varmt, og Apparatet vil da staa og brumme.

Pl. 3. Fig 13. Simpel Teori for Mikrofonstrømlås. Ligning (1) har ikke konstante Koefficienter og er derfor vanskelig at løse uden Tilnærmelse. (3) faas ved at indsætte (2) i (1), idet $R_0 \cdot J_0 = V$. Tilnærmelsen sker da ved i (3) at sætte sidste Led paa højre Side lig med Nul, hvorved man faar (4). Af (4) ses da, at Mikrofonen virker som en Vekselstrømsspændingskilde med en Spænding som er lig med Modstandsvariationen multipliceret med Strømstyrken $J = J_0 \cos \omega t$. Heraf udledes da Ligning (5). Naar L er lille i Forhold til R faas da: $i_0 = \frac{r_0 \cdot V}{R^2}$. Strømmen er altsaa omvendt proportional med Kvadratet paa R. Naar R er stor i Forhold til r faas derfor kun en meget lille Strømvariation ved mindre V en meget stor.

Pl. 3 Fig 4. Lokal-Batteri Systemet. Ved Lokalbatterisystemet anvendes et Strømlås som det viste. Her kan man nok, med en lille Spænding, faa tilstrækkelig Strømvariation i Mikrofonkredsløbet, da Modstanden her er ret lille. Modstanden i Induktionsviklerne er omtrentlig 1 Ω primært og 50-200 Ω sekundært. (Det bemærkes, at Betegnelserne Primær- og Sekundær- her bruges i den anvendte Betydning af, hvad almindeligvis er Tilfældet i Stærkstrømselektroteknikken.)

Pl. 3 Fig 14. Central-Batteri Systemet. For at undgaa Elementer hos hver enkelt Abonnent, anvender man paa større Centraler det saakaldte Central-

Batteri System. Paa Grund af den da mulige højere Batterispænding kan man her faa likestrækkelig Variation i Talestrømmen selv med M og T i Serie.

Pl. 3 Fig 5. Kulvalsemikrofon. Konstruktionen bestaar af een eller flere Rakker Kulcylindre, der hviler løst i Rammen af Kul og monteres imellem en lynd Trapplade, mod hvilken man da taler. Brugt endnu for kort Tid siden i Frankrig.

Pl. 3 Fig 6. Kulkornsmikrofons De moderne Mikrofoner er alle Kulkornsmikrofoner. Naar Membranen svinger, trykkes Kornene mere eller mindre mod hverandre, hvorved Trykket i Kontaktfladerne, og herved altsaa Modstanden, varieres. (Se Pl. 4 Fig 1.). Rummet mellem Membranen og den faste Elektrode er kun delvis fyldt med Kulkorn.

Pl. 3 Fig 7. Solid-back Mikrofonen. Denne Form bruges meget i Amerika. K_1 og K_2 er Kulelektroder, der er forgyldte paa den mod Kornene vendende Side. G er en lynd Glimmerplade, der afsparrer Rummet med Kulkornene. Dette Rum er af Metal og indvendig isoleret med Papir. Kornene er maaske nok bedre beskyttet mod Fugtighed her end ved Filtringen, og Glimmerpladen er maaske ogsaa noget mere elastisk end Filtringen. Endvidere taaler den en større Strøm, da Glimmeret ikke beskadiges ved Opvarmning saaledes som Filtringen. Til Gengæld er den et dyr, da den for en stor Del maa udføres som Præcisionsarbejde og derfor ikke egner sig saa godt til Massefabrikation.

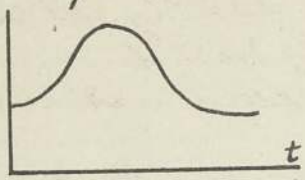
Pl. 3 Fig 9. Kapselmikrofon. Dette er den almindelige, her i Byen benyttede Form, hvis virksomme Dele er skitseret i Fig 6. Kulkornene skal vare saa haarde, at de

ikke smitter nævneværdigt af paa Papir. Endvidere skal de have en nogenlunde regelmæssig Form og være lige store, idet de sorteres ved Sigtning. Det kan beregnes og ogsaa vises ved Forsøg, at Modstanden bliver større, jo mindre Kornene er. For saa vidt den benyttes Kulmembran, maa denne beskyttes mod Fugtighed ved Lakering, Paaklæbning af Metalfolie el. lign. a. M. Membranerne maa ligeledes, som vist i Fig. 7-10, beskyttes mod mekanisk Overlast.

Pl. 3 Fig. 11. Kulkugle-mikrofon. Kornene formes ofte som Kugler, og man benytter da en Konstruktion som vist herhenhørende. Konstruktionen har den Fordel, at der kan være en vis Afstand mellem Membranen M og Elektroden K, hvorved Støjen kan falde ned. Endvidere bliver Dæmpningen mindre end ved Anvendelsen af Filtring. Kuglerne udføres med en Diameter paa 1,5 - 1,0 - 0,5 m/m Diameter, men i Almindelighed anvendes kun 1.5 m/m Kugler. Mikrofonen har en lille Modstand og kan derfor kun anvendes til Lokalbatteri-Systemer.

Pl. 3. Fig. 12. Egnér og Holmströms Mikrofon. Den lille fremspringende Kant under Ringen R maa ikke findes, da det er Meningen, at R skal tjene til at spænde Membranen.

Pl. 4. Fig 1. Kontaktteori. Ligning (1) faas under Antagelse af, at Modstanden er omvendt proportional med Arealet af Berøringsfladen, og at denne kan bestemmes ved Trykket under Benyttelse af de Hertz'ske Formler. At Modstandsfylden er omvendt proportional med Kornenes Diameter, er fundet ud fra den Forudsætning, at Kornene kun trykkes ved deres egen Vægt. Man kan forøge Følsomheden ved forbigaaende at trykke let paa Membranen eller ved at trække den lidt ud,

bort fra Kornene. Af samme Grund vil Følsomheden un-
der en Samtale ofte være givet ved hos-
staaende Kurve, idet den først stiger,
paa Grund af at Lufttrykket inde
i Kapslen stiger og Membranen følgelig


trykkes lidt udad, og derpaa igen synker efterhaan-
den som Trykket igen udligner sig.

Pl. 4. Fig. 2. Brauns Mikrofon med Osmium-Iridium Korn. Egner sig kun for store Strømme og meget smaa Spænding.

Pl. 4. Fig 3 og Fig 4. Disse Mikrofoner har ikke fundet nogen større Anvendelse.

Pl. 4. Fig 5. Majoranas Vædskestraalemikrofon. Naar en Vædske løber ud af et cirkulært Hul, vil Straalen, naar den ikke er udsat for ydre Paavirkninger, paa det øverste Stykke være klar og cylinderformet, medens den længere nede delen sig i Draaber. Denne Form er imid-lertid labil, idet en ydre Rystelse eller lignende vil bevirke at Straalen højere oppe delen sig i Draaber. Formen af Straalen vil altsaa afhænge af Membranen M's Svin-gninger. Ledningsevnen fra P_1 til P_2 vil altsaa ogsaa afhænge heraf, idet den Vandmængde (ledende), der i ethvert Øje-blik træffer Pladen, vil variere. P_1 og P_2 er af Metal, me-dens P_0 er isolerende.

Pl. 4. Fig 6. Ledningsevnen vil her afhænge af, hvor me-get Membranen trykkes ned mod Vædskestraalen. Hverken denne eller den foregaaende Form vil dog ogsaa faa nogen større Betydning.

Pl. 4. Fig. 7. Form A: Jerntraadens Diameter er 0.5-1 m/m. Omkring Jernkarnen og mellem de to Viklinger er lagt paraffineret Papir. Endvidere lægges ved ydre Mellemrum

et Lag Papir til Støtte for Opviklingen. Enderne af Viklingen er ofte ført ud til Loddeklemmer af et Stykke vinkeljernet Metalblik, som vist paa Figuren, hvorved faas en sikrere Forbindelse end med Klemmeskruer. Form A er den almindeligste.

Form B: Denne Form anvendes dog ofte af K.T.A.S. Primær og Sekundærviklingen ligger her under hinanden opviklet som en Ring og fremkommer K dannes da af Jerntraade, der er bøjet uden om det hele. Virkningsgraden af disse Ruller bør være 70-80%. Man kan følgelig godt udføre dem med større Virkningsgrad, men det kan ikke betale sig og gøres derfor kun ved vigtigere Linier.

Pl. 4. Fig. 8. Amerikansk Telefonsæt. Anvendes ogsaa en Del i England.

Pl. 4. Fig. 10. Mikrotelefon. Dette er den almindeligste Form herhjemme og i Sverige.

Ørets Følsomhed.

Pl. 5. Fig 1. Denne Kurve gengiver altsaa Ørets Følsomhed, specielt overfor Lyd i Telefonen. Det ses at Følsomheden er ganske særlig stor for w ~ 1000∂. Dette afhænger dog ogsaa noget af, at denne Frekvens sandsynligvis falder sammen med Telefonens Egensvingningstal.

Pl. 5. Fig 6. Ved Frekvensen 0 vil hele Strømmen fra T gaa over L og Intensiteten ved Telefonen altsaa blive Nul. Ved Frekvensen ∞ vil hele Strømmen fra T gaa over C og Intensiteten ved Telefonen altsaa atter blive Nul! Der maa følgelig findes en Maximumsværdi ved en eller anden Værdi af w, og det viser sig, at denne indtræder, naar Kredsen er i Resonans for vedkommende w altsaa: $w' = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$.

Pl. 5 Fig 7. Efter omstaaende vil den altsaa finde en meget skraplig Forvrangning Sted, som vist ved Kurverne. Dette kan ganske vist ogsaa høres i Telefonen, idet Stemmens Klangfarve forandres ved Variation af L og C, men man kan dog inden for et Interval fra $\omega' \sim 300$ – $\omega' \sim 30000$, stadig ret tydelig kende Stemmen, der taler.

Forskellige i Telefonen benyttede Apparater.

Induktoren.

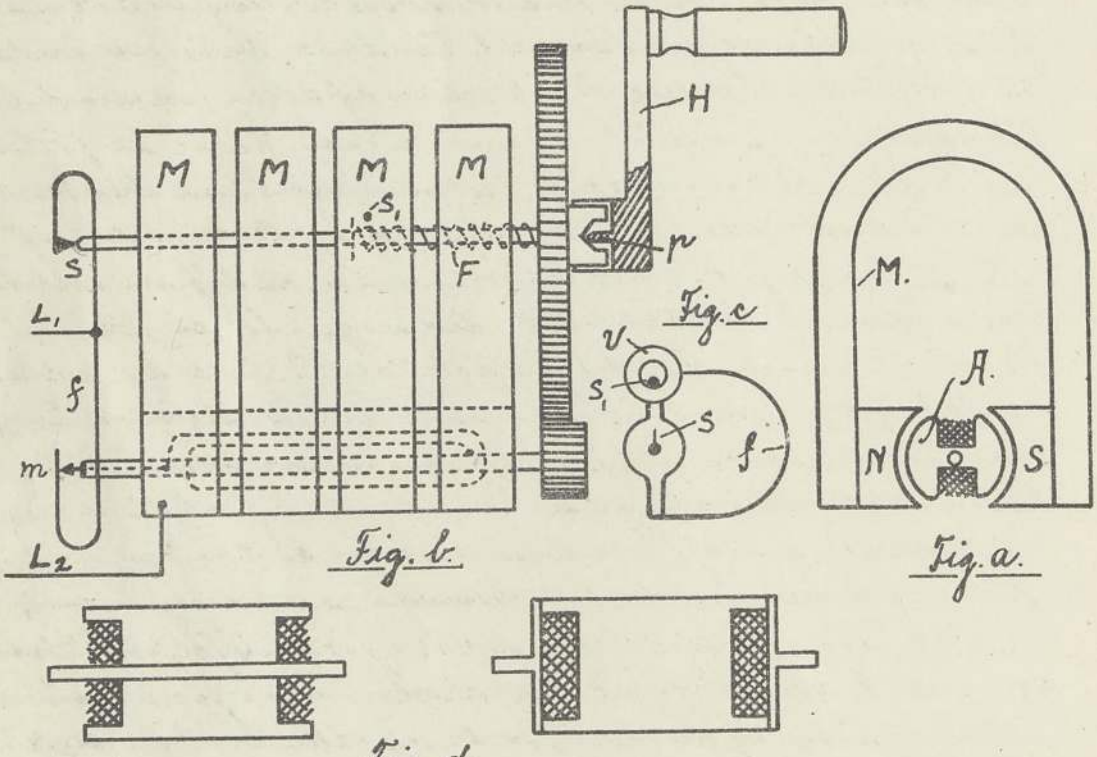


Fig. b.

Fig. c

Fig. a.

Fig. d.

Induktoren benyttes til at afgive Ringestrøm (Vekselstrøm) med og er i Princippet konstrueret som vist ovenfor. Magnetfeltet dannes af en Række permanente Magneter M, der er forbundet ved Polskoene N

10.

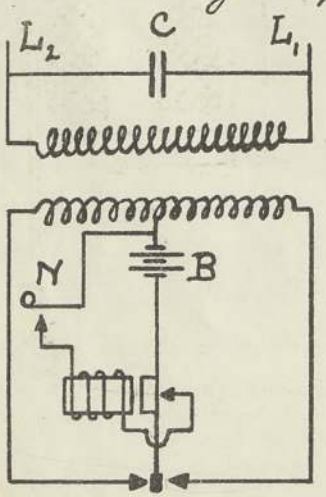
og S af blødt Jern. I dette Magnetfelt bringes det Dobbelt-T-formede Anker A til at rotere, idet det ved en Tandhjulsomsætning er forbundet med Haandsvinget H. Tandhjulsomsætningen er 1:5, og den inducerede Vekselstrøm har ca. 15 Perioder pr. sek. Induktoren vikles som Regel med et høj Modstand og Selvinduktion, og Beviklingen kan ske paa en af de Maader, der er angivet paa Fig. d, som viser et Længdesnit gennem Ankeret. Paa Fig. b. er vist, hvorledes Induktoren indgaar i Kredsløbet. Induktorens Vikling er skematisk angivet ved en enkelt Vinding, hvis ene Ende er forbundet direkte til Akslen og derigennem til Induktorens Jernskel, og hvis anden Ende er ført til en Skift, der er anbragt isoleret i Akslens Midte og som ved sin dannes Kontakt med Fjederlamellen f. Endvidere er f normalt i Forbindelse med Jernskellet ved Hjælp af Kontakten S. Ledningen L_1 er ført til f og Ledningen L_2 til Jernskellet. Det ses da, at naar Induktoren ikke bringes, vil dens Vikling være kortsluttet og altsaa ikke indgaa i Kredsløbet, idet Telefonstrømmen passerer Vejen L_1 - f - S - Jern - L_2.

Det store Tandhjul sidder løst paa Akslen, medens Haandsvinget er i fast Forbindelse med denne, og naar derfor H drejes rundt, vil i første Øjeblik Skiften p paa H glide op ad den skraa Flade paa Tandhjulets Nav og derved forskyde Akslen et Stykke tilhøjre. Dette bevirker, at Kontakten ved S brydes og Induktoren indgaar i Strømløbet. Naar Haandtaget slippes, vil Fjederen F føre Akslen tilbage igen. Skiften S, tjener til at begrænse Akslens Bevægelse i Længderetningen. I ældre Induktorer

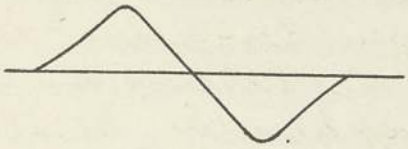
skete Kortslutningen ved et Apparat som vist paa Fig. C. Apparatet er fastgjort paa Enden af Induktoraksler og bestaar af en Fjeder f, hvortil er fastet et et ringformet Metalstykke V. Naar Akslen er i Ro, vil V hvile mod Skiften S og derved kortslutte Induktoren, idet S er i Forbindelse med den ovenfor omtalte isolerede Skift i Akslens Midte. Naar derimod Akslen drejes rundt, vil V slynges udad af Centrifugalkraften, hvorved Kontakten brydes. Skiften S, tjener til at begrænse Bevægelsen. Paa større Centraler anvendes særlige Vekselstrømsdynamoer, der som Regel drives af Benzinmotor, til Afgivning af Ringestrøm. Ofte indrettes Dynamoen med en Kommutator saaledes, at man kun sender f. Eks. de pos. Periodehalvdele ud paa Linien (Parts telefonen.)

Alternatoren.

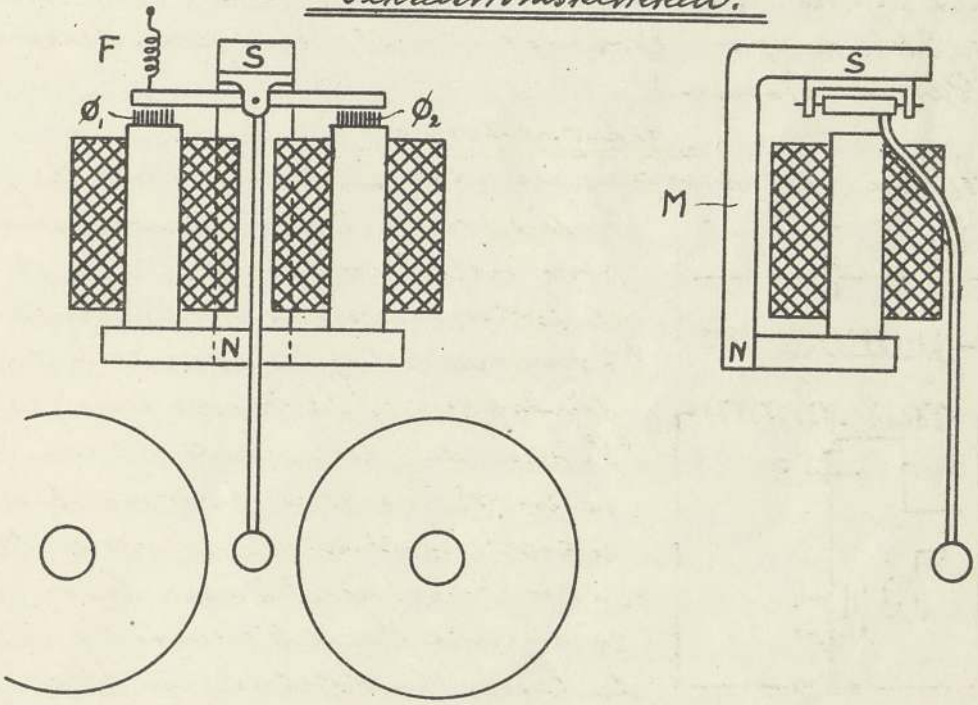
Denne benyttes paa mindre Centraler i Stedet for Induktoren. Strømskemaet er som vist hosstaaende. Ved at tage Forbindelsen ud i Midten af Primærviklingen faas som det respektstandig Strømvending paa Sekundærsiden ved kun een Kontakt ad Gangen, hvorved faas sikrere Kontakt end med de ældre Konstruktioner, hvor den svingende Lamel samtidig skulde berøre to Kontakter. Man faar herved frembragt en Vekselspænding med meget uregelmæssig Kurveform, og en saadan vil inde-



holde Overtonen med en højere Frekvens. Disse er meget ubekvemme, da de kan forårsage Støj i Abonnentledningen og for at dæmpe disse Overtoner er der indskudt en Kondensator parallelt, som vist, paa ca. 2 µF. Paa den anden Side ønsker man egentlig helst ikke sinusformet Strøm, idet denne fordrer en forholdsvis stor Energi i Forhold til Maksimalamplituden, og det er hovedsagelig denne, det kommer an paa. Den benyttede Kurveform vil derfor være omtrent som vist konstruerende, men man kan ikke gaa for langt i denne Retning for ikke at faa for mange Overtoner.



Vekselstrømsklokken.



Klokken er som vist konstruerende indrettet som et polariseret Relais med to magnetiske Kredse, idet den pola-

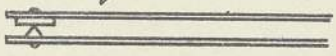
virkes af den vinkelformede, permanente Staalmagnet M. Fjederen F, hvorom senere, findes ikke paa de normale Klokker. Elektromagneten er forbundet til M saaledes, at Afstanden mellem Ankeret og Polerne kan reguleres. Der sendes Vekselstrøm gennem Magnetens to Viklinger, og disse er forbundne saaledes, at Strømmen i ethvert Øjeblik virker forstærkende i den ene Pol og samtidig svækkende i den anden. Ankeret vil derved bringes ud af Ligevægtstilstanden og svinge frem og tilbage mellem Yderstillingerne i Overensstemmelse med Vekselstrømmens Periodetal. Antages Ankeret at være parallelt med Polernes Overflade, og en Flux = en mellem disse og Ankeret Φ_1 og Φ_2, vil den Kraft, der bevæger Ankeret fra den ene Yderstilling til den anden, være tilnærmelsesvis proportional med:

$\Phi_1^2 \div \Phi_2^2 = (\Phi_1 \div \Phi_2)(\Phi_1 + \Phi_2)$, og dette vil altså ogsaa være tilnærmelsesvis proportional med den Kraft, hvormed Knebelen slaar mod Klokken. Denne Kraft virker altså med $(\Phi_1 \div \Phi_2)$, men samtidig bliver Følsomheden mindre, thi desto flere Ampere-vindinger skal der til, for at flytte Ankeret fra den ene Stilling over i den anden. (Φ_1 og Φ_2 repræsenterer Fluxene, naar Ankeret staar i en Yderstilling). Naar Luftrummet gøres større, bliver ganske vist $\Phi_1 \div \Phi_2$ mindre, men samtidig vokser den magnetiske Modstand saaledes, at Følsomheden herved atter aftager. Man maa altså her indgaa et Kompromis. For at kunne indstille Klokken, er Hullerne i Klokkeskaalene boret excentrisk. Den normale Klokke benyttes for Vekselstrøm med lige Halvperioder. Ved Parts telefonen derimod lægges Klokken normalt over i den ene Side ved Hjælp af en

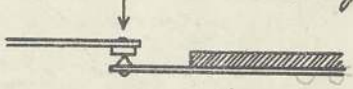
Fjeder F, og Knebelen berører i Hvilestillingen den ene Klokkeskaal. Man kan da f. Eks. sende de negative Halvperioder af Ringestrømmen ud paa Ledningen uden at Klokken ringer, da den i Forvejen berører den tilsvarende Skaal.

Telefonapparater.

Konstruktionsdele. Kontaktfjedre. Man søger saa vidt muligt at konstruere Apparaterne saaledes, at de forskellige Dele af disse kun indgaar i Kredsløbet saa længe de benyttes, og for at udføre de nødvendige Omstillinger anvender man da forskellige Kontakter, der betjenes enten af Abonnenten eller automatisk.

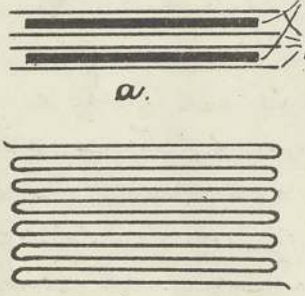


Fjedrene udføres nu som regel. Selve Fjedrene er af Nysølv eller Fosforbronze, og Kontaktmaterialet er Platina. Kontakterne bør saa vidt muligt anbringes som paa hosstaaende Figur, idet Støvet da ikke lægger sig paa Kontaktfladerne. Kan dette ikke lade sig gøre, bør de anbringes saaledes, at Kontaktfladerne staar lodret, hvorved Støvet heller ikke saa let lægger sig paa Fladerne. Fjedrene isoleres fra hinanden og holdes i den rette Afstand ved Hjælp af Ebonitstrimler. Er Afstanden meget større end ca. 1 ½ m, anvendes dog delvis Metal som Mellemlag, da Ebonit er tilbøjelig til at svinde. Man ønsker ofte at have en blød Kontakt, der kan bevages over et stort Stykke og som dog har en vel defineret Hvilestilling. Man indretter derfor ofte Kontakten som vist hosstaaende. Den nederste Fjeder lægger sig normalt op mod det tykkere, skraverede Metalstykke, hvorved Hvilestillingen er define-



ret. Derimod kan den give efter nedad, naar den øverste Fjeder trykkes ned mod den.

Kondensatorer. Disse benyttes ofte i Telefonkredsløb for at hindre Passagen af Jævnstrøm, men derimod tillade en Vekselstrøm at passere. Det gælder derfor om at kunne tilføre dem smaa og billige, og man er naaet til at fremstille Papirkondensatorer med en Gennemslagsspænding paa 3-400 Volt og med et Rumfang paa ca. 100 cm³ for 2 Mfd. til en forholdsvis lav Pris. Kondensatoren fremstilles nu som vist



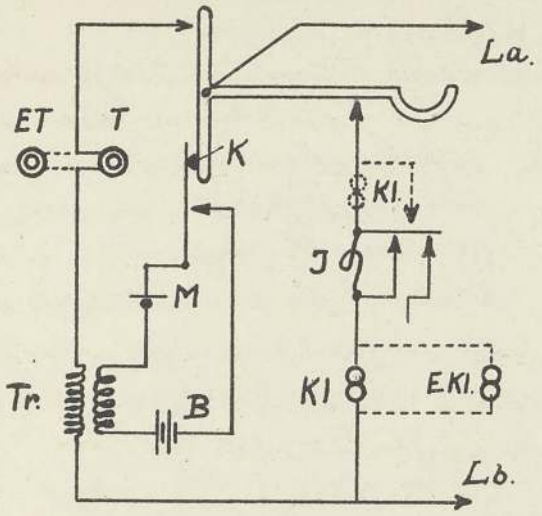
bestaaende af en Stanialstrimmel 0,016 - 0,020 m/m tyk, med paa begge Sider raffineret Papir 0,007 - 0,010 m/m tykt paa hver Side. Derpaa lægges disse Strimler dobbelt som vist Fig. a saaledes, at der kommer to Lag Papir mellem Staniolstrimlerne og det hele foldes derpaa sammen som vist paa Fig. b og omsmeltes med Parafin.

I tidligere Tider, da en Kondensator paa 2 Mfd. kostede 50-100 Kr., anvendtes i Stedet for smaa elektrolytiske Celler af Glas med indsmeltede Platinstifter i H_2SO_4 eller NaOH. Paa Grund af Polarisationen vil en saadan Celle gyde ve for 1,8 Volt med H_2SO_4 og 2,7 Volt med NaOH. Disse Celler er imidlertid meget dyere og ret upraktiske, thi hvis en af Cellerne kortsluttes, vil de andre blive overbelastede, hvorved de staar i Fare for at sprænges.

Vægapparat til Lokalbatteri.

Man ringer inden Telefonen løftes af Sadlen, Strømlø og Virkemaade fremgaar iøvrigt af omstaaende Figur. I ældre Apparater er som vist her Sadlen

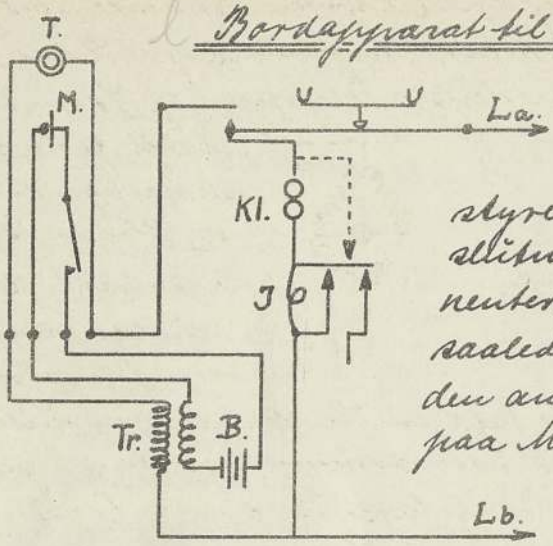
(K.T.A.S.)



Betegnelser:
La og Lb: Linie.
J: Induktor.
Tr: Transformator.
Kl: Klokke.
EKl: Ekstraklokke.
M: Mikrofon.
T: Telefon.
ET: Ekstratelefon.
K: Isolerende Knap.

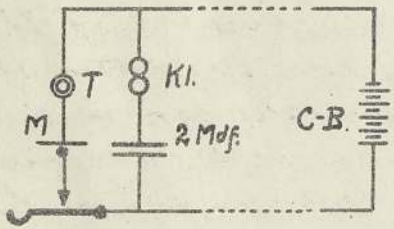
direkte i Forbindelse med Strømløbet. Dette er forladt i de moderne Apparater af Hensyn til Faren ved samtidig Berøring med eventuelle Stærkstrømsinstallationer. Tiljuren viser Apparatet inden Telefonen er løftet af Gaffelen. Ved at anbringe Klokken som vist punkteret over Induktoren kan man kortslutte den, naar man selv ringer. En eventuel Ekstratelefon anbringes i Almindelighed parallelt og sjældnere i Serie. En Ekstraklokke anbringes ikke gerne i altfor stor Afstand fra Apparatet. Hvis Abonnenten glemmer at hænge Telefonen op efter Brugen, vil Centralen ikke kunne kalde Abonnenten og vil heller ikke kunne konstatere Fejlen. (Ved C.-B.-Systemet vil derimod en Lampe stadig lyse inde paa Centralen, og vedvarer Forglemmelsen, kan Centralen kalde Abonnenten ved at sætte højfrekvente Vekselstrøm paa Ledningen. Denne vil da paavirke Telefonen saaledes, at man hører en Fløjtelyd).

Bordapparat til Lokalbatteri.



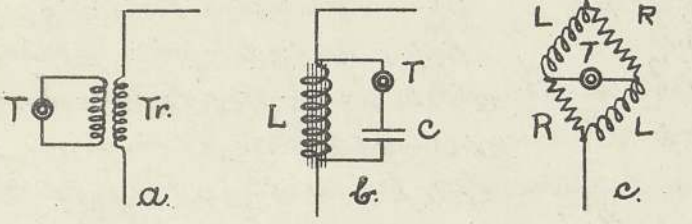
Apparatet er udstyret med Mikrotelefon. Klokken er som vist udstyret med en eventuel Kortslutningskontakt. Hvis Abonnenterne er øvede i at telefonere saaledes, at den ene taler medens den anden taler, kan Tangenten paa Mikrotelefonen indrettes, saa den kortslutter Telefonen samtidig med, at Mikrofonkredsløbet sluttes, idet man jo ikke behøver Telefonen, saa længe man selv taler, og endvidere kan man kortslutte Transformatoren saa længe man hører.

Telefonapparater til Centralbatterisystem.



Det simpleste Diagram for et saadant er vist herstaaende. I dette Tilfælde tænkes Telefonen at hænge paa Gaffelen saaledes, at Strømmen er afbrudt gennem Mikrofonen. Kondensatoren er indskudt for at spærre for Jævnstrøm gennem Klokken. Med denne Forbindelse faas altsaa Jævnstrøm gennem Telefonen, hvorved denne bliver polariseret og dermed muligvis svækker permanente Magnetet. Endvidere er Ledningen til Telefonen udført af tynde, bøjelige Kobbertraade (Lidser), hvoraf en enkelt let kan være knækket. Dette vil ikke spille nogen Rolle med Hensyn til Talestrømmen, men hvis Enderne af en saa

dan knakket Traad af og til berører hinanden vil Jævnstrømsmodstanden forandres, hvorved høres Knæk i Telefonen. Man undskyder derfor Telefonen af Jævnstrøms-



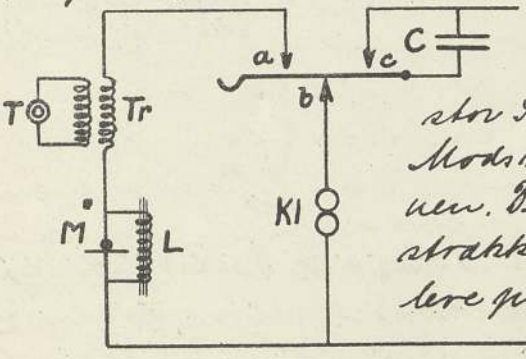
løbet paa en af nedenstaaende Maader.

a. Her er Telefonen indskudt paa Sekundærsiden af en Transformator.

b. Telefonen er i Serie med en Kondensator shuntet til en stor Selvinduktion. Jævnstrømmen vil tage Vejen over L, medens Talestrømmen tager Vejen over Tag C. c. Her er Telefonen indskudt i en Wheatstones Bro, der bestaar af to Modstande og to store Selvinduktioner med samme Modstand, indskudt som vist. Jævnstrømmen vil da tage Vejen uden om Telefonen, medens Talestrømmen uafbrudt tilbagelukkende tager Vejen over R og T.

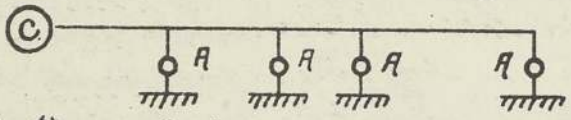
Paa Bordapparater med Mikrotelefon kan man komme til at afbryde Strømmen, hvis man f. Eks. lægger Mikrotelefonen fra sig, saa Membranen ligger vandret, idet Kulkornene da ikke berører Membranen. Dette vilde vise sig paa Centralen, som om Samtalen var sluttet, og for at undgaa dette, indskydes en stor Selvinduktion L med et stort Modstand, parallelt til Mikrofonen. Den vil da gennem L gaa tilstrækkelig Strøm til ikke at signalere paa Centralen, medens Selvinduktionen er for stor, til at

Diagram af K.T.A.S. Apparater.



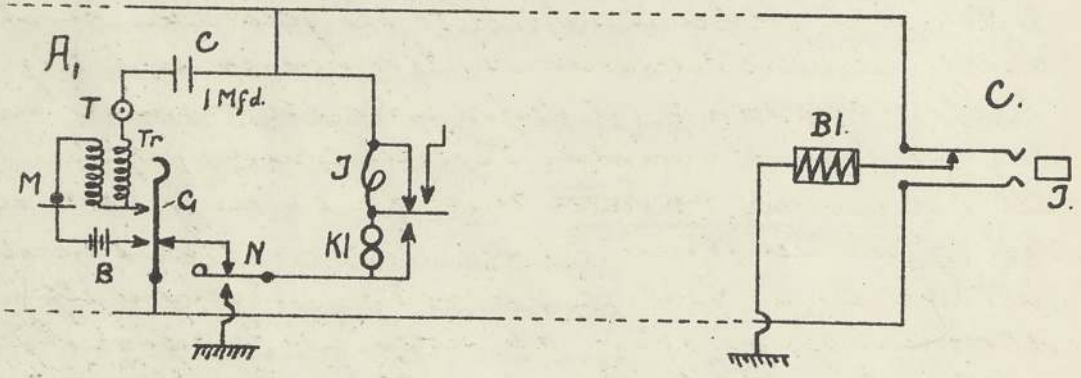
Talestrømmen gaar denne Vej:

Partstelefonen.



Flere Abonnenter paa samme Ledning, som antydet paa hosstaaende Figur, bruges undertiden paa Landcentralen, hvor man har de lange Ledninger til hver Abonnent, idet Ledningen repræsenterer den væsentlige Udgift ved et Telefonanlæg. Metoden benyttes dog ikke meget her i Landet. Man benytter normalt Apparater med stor Impedans: Klokken og kraftige Induktoren, idet Ringesignalet fra Centralen kører af samtlige Abonnenter paa Ledningen. Hver Abonnent har da sin Kombination. (Hvis der kun er to Abonnenter, kan man give dem enkelte Klokken og Induktoren, der sender hveranden Periode. Har man Dobbeltledning, kan man ad denne Vej gaa til 4 Abonnenter).

Klokkerne maa have en stor Impedans for at Signalerne kan fordeles ligeligt over dem alle.



Strømløbet for et saadant Anlag med Dobbeltledning er vist ovenfor. Klokkens Impedans er, som nævnt, meget stor, hvis derfor A, glemmer at hænge Telefonen paa

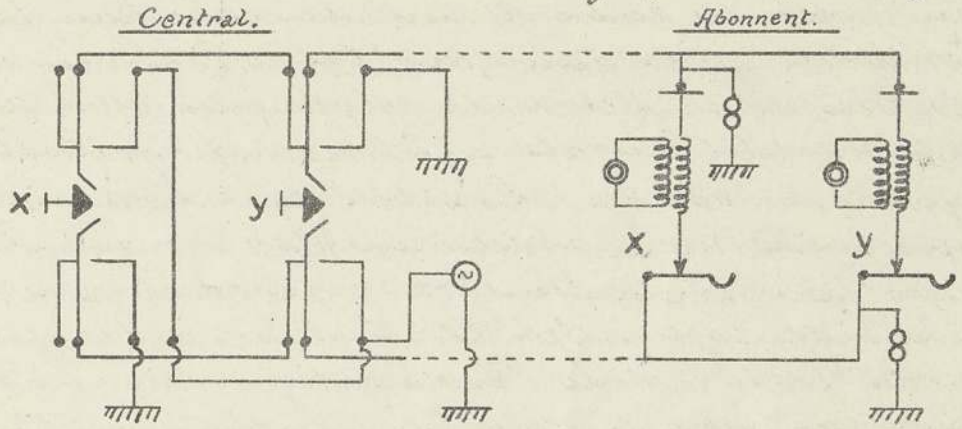
Gaffelen, vil Impedansen her være meget mindre og største Delen af Ringestrømmen gaar gennem A,'s Apparat. For at undgaa dette er Kondensatoren C indskudt, idet denne giver en stor Impedans over for den lavfrekvente Ringestrøm, men ikke over for den højfrekvente Talestrøm. For at en Abonnent kan kalde en anden paa samme Ledning uden at gaa over Centralen, er Nøglen N indskudt. Ringer A, uden at nedtrykke N, saa kalder han kun de andre Abonnenter, men paavirker ikke Signalapparatet B1. paa Centralen. Nedtrykkes derimod N, saa kaldes Centralen, men ikke de andre Abonnenter. Man regner gennemsnitlig, at ca 3/4 af Udgifterne til et Telefonanlæg falder paa Ledningerne og 1/4 paa Centralen og Apparaterne. I større Byer er man ogsaa gaaet over til flere Abonnenter paa samme Ledning, en ved af andre Bønder end ovenfor. Centralen koster nemlig mere pr. Abonnent, jo flere Abonnenter der er, idet Anlægssummen vokser omtrent med 2. Potents af Abonnementstallet. Det gælder nu om at skaffe mindre telefonerende Abonnenter en billig Telefon og man maa derfor udnytte samme Anlæg for flere Abonnenter. Partstelefonen er opfundet i Amerika, og man anvender enten 2-Parts eller 4-Parts-Telefoner. Det er i Byerne altid indrettet saaledes, at Centralen kan ringe hver enkelt Abonnent op og omvendt, uden at de andre Abonnenter hører det. Man benytter nu to forskellige Metoder. Enten blot som ovenfor, at Centralen og de enkelte Abonnenter kan kalde uafhængigt af hinanden, medens Abonnenterne indbyrdes

kan lytte til alle Samtalen paa Ledningen. Eller saaledes, at kunden talende kan benytte Ledningen, medens de andre Abonnenter ikke kan faa Forbindelse med denne, saa længe Samtalen varer. Den sidste Metode er selvfølgelig mest ønskelig, men til Gengæld er Blokeringssystemet dyrt og er saaledes i Modstrid med selve Partssystemets Princip, og desuden afskærer den de ikke talende Abonnenter fra at opnaa Forbindelse i eventuelle vigtige Øjemed. Den i Landet brugelige er for den første Metode. Kaldesystemet kan bl. a. indrettes saaledes, at Klokken sidder paa Enden af en Staalstang med et bestemt Svingningstal. Centralen kalder da med Strøm af forskellig Periodetal og hyppigst anvendes herfra 16, 33, 50 og 66 Perioder, men sjældent flere. Dette sidste benyttes i en Del af Amerika, medens Dobbeltledning i Forbindelse med usidige Klokker til Jord anvendes her i Landet. Foruden Nummeret har Abonnenten nu ogsaa et Bogstav, og Telefonistinden skal have en Ringeknap for hvert Bogstav, altsaa ialt fire. Det er selvfølgelig ikke sikkert, at der altid er det fulde Antal Abonnenter paa en Partstelefon. Paa 4-Partstelefonen regnes i Gennemsnit med noget over 2,5 Abonnenter og for 2-Parts i Nærheden af 1,4 - 1,5. Systemet kan altsaa ikke udnyttes helt og modvirkes ret stærkt ved, at Benyttelsen af Partshaverne ofte volder Vanskeligheder.

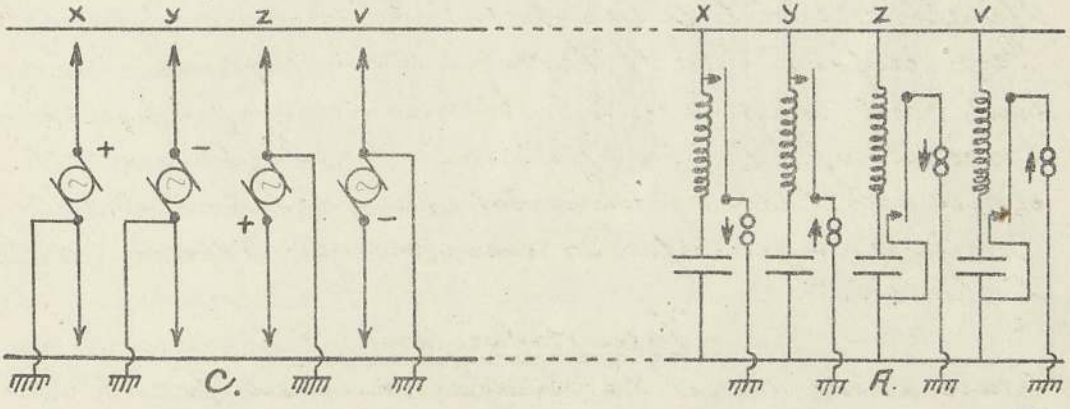
Topartstelefonen.

Omstaaende viser Strømdiagrammet for en To-

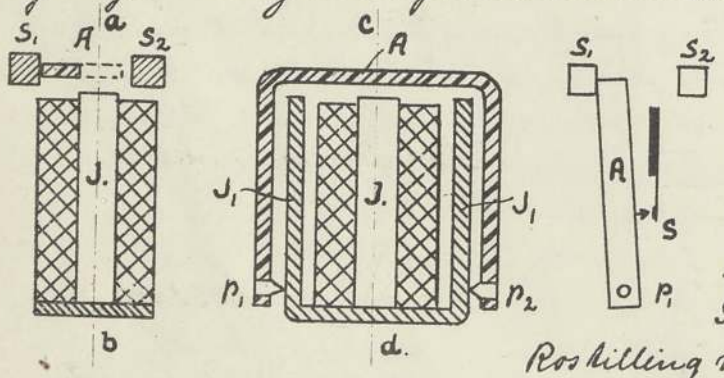
partstelefon med Dobbeltledning. Den benyttes hvor normale Klokker. Strømløbet følges let paa Figuren.



Det bemærkes at den ikke spændingsførende Ledning ad=
des til Jord for at forhindre, at Klokken paa denne ågaa
ingen paa Grund af den gensidige Kapacitet mellem
de to Ledninger i Dobbeltledningen. Ovenstaaende Ske=
ma har dog den Fejl, at de to Ledninger staar kon=
stant sluttet til Jord gennem Klokkerne, hvilket
ved Central-Batteri-Anlæg ikke kan tillades af Hen=
syn til Jærnstrømsparagen gennem Ledningen
naar denne ikke benyttes. Det er derfor hyppigst
indrettet som vist nedenstaaende.



Omstaaende viser skematisk Ringeanlægget til en 4-Parts Ledning. De 4 Induktorer paa Centralen er i Virkeligheden samlet i een, der kan omkobles til at sende Strøm gaa hver af Ledningerne, dels positive Halvperioden og dels negative, som anbydet ved Fortegnene. Hos alle Abonnenterne er indskudt et Relais i Serie med en Kondensator mellem de to Ledninger og til dette Relais Anker en Klokkerne forbundne som vist. Klokkerne er usidige og ringer for Strøm i den ved Pilene viste Retning. Ved denne Forbindelse opnaaes, at Klokkerne normalt er afbrudt og kun sættes i Forbindelse med Ledningen, naar en Ringeknap paa Centralen nedtrykkes. Nedtrykkes nu f. Eks. Knappen Z, saa vil alle Relaierne tiltrække deres Ankre, men samtidig sættes den øverste Ledning til Jord, saa Klokkerne X og Y ikke kan ringe. Derimod vil den gaa Strøm gennem Klokkerne Z og V, men gennem V gaar Strømmen i den gale Retning, og Resultatet bliver, at kun Klokken Z ringer. De omtalte Relaier skal arbejde fuldstændigt lydløst og er derfor indrettet som vist hosstaaende.

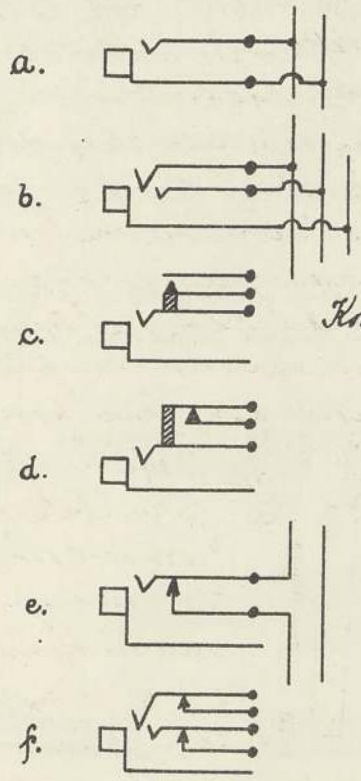


J og J_1 er af blødt Jern. Ankeret A er formet som en Bøjle, der drejer sig om Pinderne p_1 og p_2. S_1 og S_2 er polstrede Stoppeknaster. I Roskilling vil Ankeret hvile mod S_1, men naar den gaar Vekselstrøm gennem Relaiet, vil A trækkes over Polskoene, hvor det vil staa og vibrere. Kontakten S, der er konstrueret som de tidligere omtalte blide Kon-

tokter med bestemt Mellemskilling, vil i Regelen netop være afbrudt, men under A's Vibrationer stadig slutte sig.

Jacken og Proppen.

a. Jacken. Naar man paa Centralen skal etablere en Samtale mellem to Abonnenter, sker dette ved at nogle Forbindelser afbrydes og andre sluttes og dette udføres i Almindelighed ved Hjælp af Jacken og Proppen af forskellig Slags.



Overensstemmende er vist forskellige Jackformer. Angaaende Form b. ses det, at de to Kontakter ikke sættes med een paa hver Side, idet det da kunne tænkes, at Proppen blev holdt af de to Kontakter alene uden at

røre ved Brydningen, hvorved eventuelt den bredie Kontakt her blev usikker. Paa Hovedcentralen i Kjøbenhavn, der har ca. 20000 Abonnenter, findes ca. 50 Jacker pr. Abonnent, altsaa ialt ca. 1 Mill. Jacker, og det gaar der derfor om at udføre disse saa billigt som muligt. Derfor vil man altid saa vidt muligt anvende Paralleljacker, der er de simpleste og billigste, idet der i disse ikke findes Kontaktsteder, hvortil behøves Platin. Kontakten mellem Jack og Prop behøver nemlig ikke at ske ved Platin, da disse Kontaktsteder holdes blanke ved Slidet. Endvidere kan der let lægge sig Støv paa Kontaktstederne i Afbrydерjackene, hvorved resikeres Afbrydning, især da man, som nævnt, ofte har mange Jacker i Serie paa Ledningen.

<u>b. Propper.</u> Jo færre Ledninger, der er i Snoren, desto billigere bliver den. Ledningerne dannes enten af

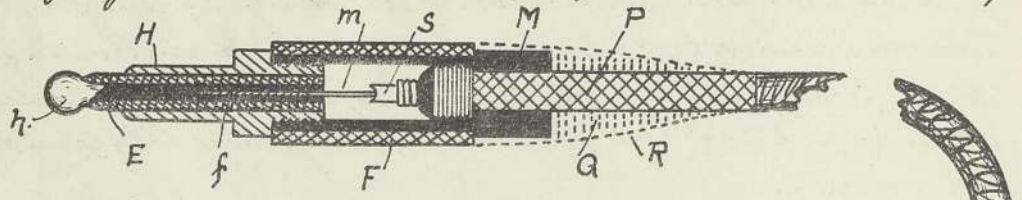
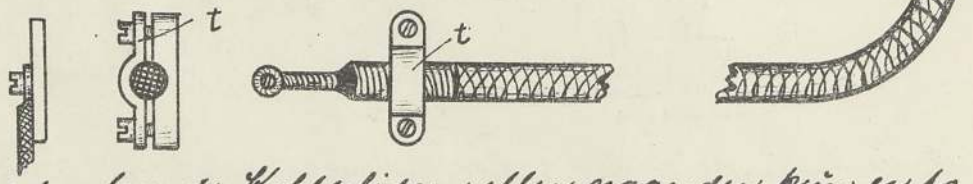


Fig. a.



snoede, tynde Kobberlidser eller, naar der kun er to, af spiralvundne Staaltraade. I den i Fig. a viste Prop bestaar den inderste Leder af en Staaltraad, der er viklet op i en tæt Spiral. Uden om denne er viklet

to Lag Bomuldstraad for at isolere den fra den yderste Leder, som bestaar af to parallelle Staaltraade, ligeledes opviklet spiralformet. Yderst er endelig anbragt en Jutebespinding. Propjernes Konstruktion fremgaar af Fig. a. Propstalken H, der skal berøre Jackens lange Fjeder, bestaar af et rørformet Messingstykke, der er skrued ind i et andet Messingstykke M. H er i ledende Forbindelse med Snorens yderste Leder, idet Jutebespindingen er fjernet, og Lederen omvundet med tynd Kobbertraad til en saadan Tykkelse, at Snoren kan presses fast ved i Bunden af M. Uden paa M er anbragt et isolerende Fiberrør F. Gennem Propstalken H er indskudt Ebonitrøret E og indeni dette er anbragt en Jernstang, der udvendig ender i Prophovedet h, som skal berøre Jackens korte Fjeder. Jernstangens anden Ende er hul, og i Udboringen er anbragt en tynd, spiralformet Messingfjeder f, der i den frie Ende bærer Messingstiften m. Til Snorens inderste Leder er loddet en kort Messingtap S, og Forbindelsen mellem Prophovedet og Lederen dannes nu ved, at Fjederen f trykker Stiften m ind mod S.

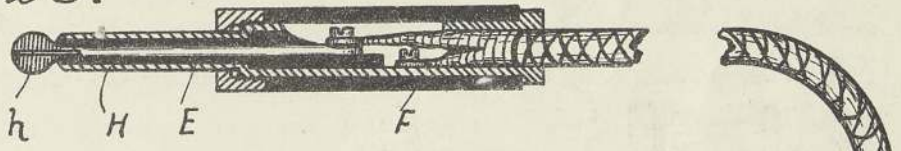
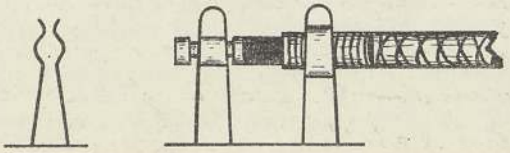


Fig. b.



Den anden Ende af Snoren er fastet til Kontaktstykket paa Omstillingsbordet, som vist paa Figuren. Isolationsindlægget fjernes af den yderste Ende omvikles med Kobbertraad, hvorpaa Snoren klemmes fast ved Hjælp af Spændestykket t. Den inderste Leder er udformet til et Øje, der klemmes fast ved Hjælp af en Skrue.

Man kan ogsaa fastgøre begge Lederne til Propjen med Skruer, saaledes som vist paa Fig. b. Propjens Konstruktion fremgaar iøvrigt af Figuren. I denne Propjen er selve Propjehovedet h udført af Messing, der ikke angribes Jackbøsningerne saa stærkt. Forbindelsen mellem Snoren og Omstillingsbordet sker her ved Hjælp af to Metalbøjler, som vist paa Figuren, og for at aflaste dem for Træk er Snoren foran disse viklet et Par Gange omkring en rund Træstang. Et svagt Punkt ved Snorene er, hvor disse gaar ud af Propjens Haandtag, idet Snoren her bliver bøjet ret skarpt og billige er udsat for stærkt Slid. Man kan i saa Henseende forbedre Forholdene noget ved Anbringelse af den ved a (Fig. a.) beliggende Omvikling med Bomuldstraad. Uden om denne anbringes atter den viste, vare de Slidkappe R. Man er naaet ned til at fremstille Jackene med et Forfladeareal paa kun 0,5 cm² (Stockholm). Jackbøsningens Diameter er da kun 4-5 m/m.

Omstillere.

Omstillere anvendes flere forskellige Steder indenfor Centralstationen, idet de tjener til at slutte og atter afbryde nogle af de Forbindelser, der er nødvendige for at etablere Forbindelse mellem to af Abonnenterne. Den i Fig. a viste Omstiller bestaar af en Række

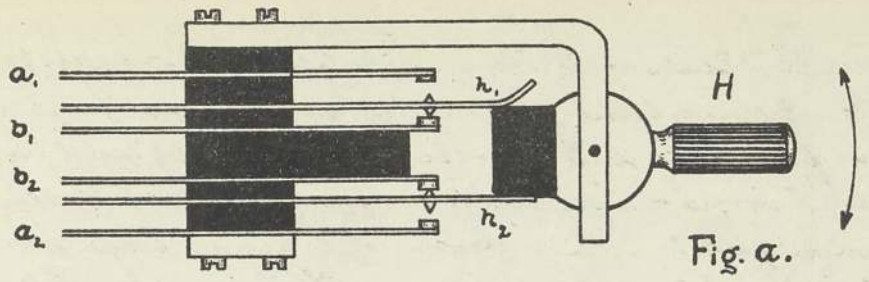


Fig. a.

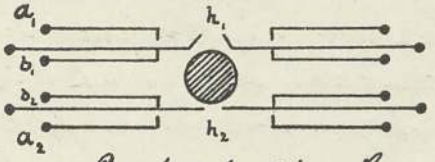


Fig b.

Metallameller, hvis indbyrdes Forbindelser ved Hjælp af Haandtaget H kan ændres. De forskellige Lameller er isolerede fra hverandre ved Hjælp af Ebonitstykker, der er vist sorte paa Figuren. Kontaktfjedrene og Kontaktpuderne bestaar af Platin. Trykkes H opad, vil Forbindelsen $k_2 - a_2$ blive sluttet, og Forbindelsen $k_2 - b_2$ brydes. Naar H slippes, vil det af sig selv gaa tilbage til Midtenstillingen. Trykkes derimod H nedad, vil det paa Grund af k_1's Form blive staaende her, indtil det atter føres tilbage. Endelig kan det indrettes saaledes, at H forbliver i den ene Yderstilling en vis Tid – holdt af en Slikkarakterfor derefter automatisk at gaa tilbage til Rostillingen. (Benyttes f. Eks. ved Afgivelse af Ringestrøm.) Begge Former benyttes i alle mulige Kombinationer. Endvidere kan Omskilleren være forsynet med et dobbelt Sæt Fjedre og Fig. b. viser den i Diagrammerne almindeligst anvendte Signatur for en saadan dobbelt Omskiller.

Trykknapper.

Disse benyttes paa lignende Maade som Omskilleren og er i Princippet indrettet som vist omstaaende.

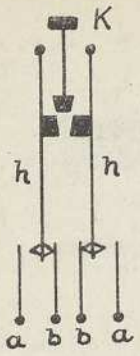


Fig. a.

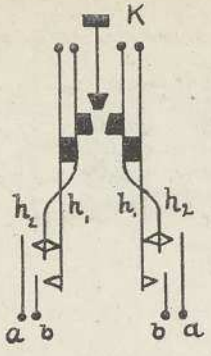
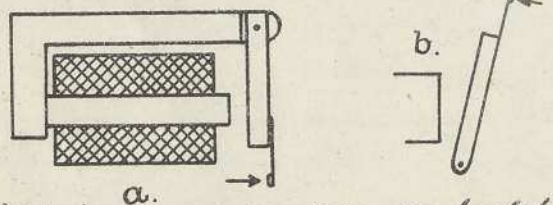


Fig. b.

Figur a. viser en enkelt Trykknap. Naar Knappen K trykkes ned, vil Forbindelsen h-b brydes og erstattes med Forbindelsen h-a.

Fig. b. viser en dobbelt Trykknap. Normalt vil Fjedrene h_1 og h_2 danne Kontakt med hinanden, men naar K trykkes ned, vil denne Forbindelse brydes og erstattes med Forbindelserne h_1-b, og h_2-a. Trykknapperne kan ligesom Omskillerne være indrettet saaledes, at de bliver staaende i den nedtrykkede Stilling, eller de kan af sig selv gaa tilbage (med Sper eller uden Sper.)

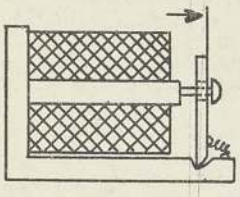
Relaiser.



Disse beskriver ikke at være særlig hurtige eller særlig følsomme, og de udføres derfor saa simpelt og billigt, som muligt, saaledes som antydet i Fig. a. Arrangementet b. benyttes ogsaa, men er egentlig mindre godt, thi det ses, at i den viste Stilling af Ankeret, vil Tyngden fasthholde dette med det største Moment samtidig med at Magnetens Tiltrækning er mindst, da den magnetiske Modstand er størst her.

Man maa sørge for, at alle Apparater, der indgaar i Kredsløbet under Samtalen, har lukkede magnetiske Kredsløb, for at man ikke skal faa forstyrrende Indflydelse paa Naboledningerne.

(Krydstale). Da mange af disse Apparater sidde paa Centralen sidder meget tæt sammen, benytter man ofte at skærme af ved at skyde lykke Metalkapslerne over

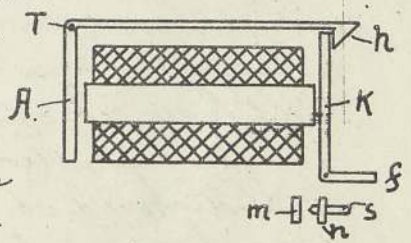


Apparaterne, hvorved de samtidig beskyttes mod Støv. Relaiserne konstrueres ofte endnu simplere saaledes som vist hosstaaende, hvor Ankeret blot er lidt dannet forneden, som en Øg, der hviler i et Hak i Polskoen. Den elektriske Forbindelse mellem Anker og Polsko sikres ved Hjælp af en meget blød Kobberspiral, der er fastgjort til Ankeret og Polskoen ved Hjælp af Skruer. Ankeret hindres i at falde ved en Stift med Hoved, som gaar igennem et Hul i Ankeret og er fastgjort til Jernkernen i Magneten.

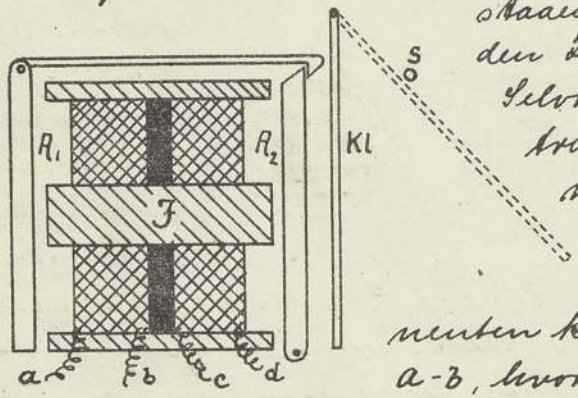
Signalapparater.

Signalklapper. Disse benyttes paa Telefoncentralerne til at angive, naar en Abonnent higker en Samtale etableret (Abonnentklap, Kaldeklap) eller til at tilkende, naar en Samtale er forbi (Slutklap).

Den almindelige Signalklap er indrettet som vist hosstaaende. Naar Elektromagneten tiltrækker Ankeret A, drejes dette omkring T og løfter derved Hagen h, hvorved Klappen K falder, og Nummeret kommer til Syne. K kan være forsynet med en Flage f, som under Fældningen sammenstiller Stiften s og derved danner Kontakt mellem m og n. I Serie med m og n kan da f. Eks. være indskudt et Batteri og en Klokke. Ankeret kan ogsaa være anbragt foran Magnet



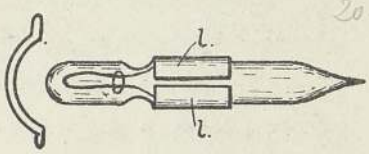
den, idet Klappen da vender opad og gaar igennem et Hul forneden i Klappen. Man anvender ofte selvhavende Signalklapper for at undgaa, at Telefonisten uden glemmer at sætte Klappen paa Plads, efter at Forbindelsen er etableret(*. En saadan selvhavende Klap kan vore indrettet saaledes, at Signalklappen med tilhørende Elektromagnet er anbragt umiddelbart ovenover den tilhørende Jack. Forneden i Jackbøsningen er da lavet en Slidse, hvori er anbragt en lille drejelig Elfenbenshage, som normalt hænger ned i Bøsningen. Naar derimod Proppen sættes ind i Bøsningen, vil Klappen løftes op og ud igennem Slidsen, og derved løftes den ovenover liggende, faldede Klap tilbage paa sin Plads. En selvhavende Klap kan ogsaa vore konstrueret saaledes, at en hvid Celluloidring springer frem af Propbøsningen, naar Abonnenten kalder og atter skydes ind i denne samtidig med, at Telefonistinden sætter en Prop i Jacken. Hosstaaende Figur viser en anden Form for Klappen, hvor Selvhavningen sker ad elektrisk Vej. Den er her to magnetiske Kredsløb, og to Viklinger paa Jernkernen J. Naar Abonnenten kalder, sluttes Kredsløbet a-b, hvorved A_1 tiltrækkes. Herved falder A_2, som da vipper Klappen ud i den punkterede skraa Stilling. Naar nu Telefonistinden sætter Proppen i Jackbøsningen, sluttes Strømmen i



32. (* og tillige for at spare Tid.

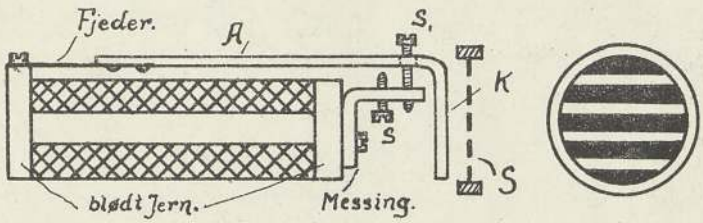
c-d, hvorved A_2 hæves, og Klappen falder atter ned i den lodrette Stilling.

Signallamper. Paa større Centraler anvendes i Almindelighed Lamper i Stedet for Klapper, idet Lamperne tage mindre Plads op, er lydløse og i det hele taget frembyder en Række Fordele. Lamperne er altid „selvhævende", idet de automatisk slukkes, naar Forbindelsen er etableret (Koldelampe), eller atter ophæves (Slutlampen).



Lamperne er som vist hosstaaende konstrueret som smaa Glødelamper, idet Glødetraaden er ført ud til to Metallameller l, der er anbragt paa Siderne af Glasset. Lampen indsættes saa mellem to Metalfjedre paa ligende Maade, som Proppen indsættes i en Jack. Foran Lampen er i Almindelighed anbragt en mat Glasskive, der kan have forskellige Farver, alt efter Lampens Anvendelse.

Blinkere. Til Signaltjenesten bruges paa Centralerne ogsaa Blinkere, der er konstrueret som vist hosstaaende. Naar der sendes Vekselstrøm gennem Magneten, vil Ankeret A komme i en svingende Bevægelse. Paa Ankerets Forflade K er nu anbragt en rød- og hvidstribet Skive, og denne ses gennem en Plade S med Sliden svarende til Stribernes Bredde. Naar man ser ind imod S, vil man altsaa se Slidernes Farve skifte mellem rødt og hvidt. Det er nødvendigt, at Ankerets Bevægel-



se netop svarer til Bredden af en Stribe, og Bevægelsen kan derfor reguleres ved Skruerne S og S,. Begge Skruerne sidder fast i Messingstykket, idet S, gaar gennem et Hul i Ankeret, og dettes Bevægelse er derfor begrænset af Spidsen paa S og Hovedet paa S,

Telefoncentraler.

Centralens Opgave er i Almindelighed følgende:

1. Abonnenten skal kunne kalde Centralen.
2. Telefonistinden skal kunne sætte sig i Forbindelse med den kaldende Abonnent.
3. Telefonistinden skal derefter kunne se, om den vilkaarlig, anden Abonnent er optaget eller ej og hvis ikke, skal hun kunne kalde denne og etablere Forbindelse mellem de to Abonnenter.
4. Endelig skal der ved Samtalens Slutning paa Centralen fremkomme et Signal (Slutsignal) for at Telefonistinden kan se, naar Forbindelsen mellem de to Abonnenter atter skal brydes.

Manuelle Centraler.

Pl. 6. Fig 1. **Pyramideomskifter.** Denne Omskifter kan benyttes paa meget smaa Telefoncentraler med indtil 5, maaske 10, Abonnenter. Eksempel paa Samtaleekspedition: Abonnent Nr. 3 ringer og falder derved Klappen K_3, der slutter Kredsløbet, hvori Klokken Kl. er indskudt. Telefonistinden nedtrykker da Knap Nr. 3 og sætter derved sin Telefon T i Forbindelse med Abonnent Nr. 3. Denne ønsker Samtale med Nr. 1, hvorpaa Telefonistinden løfter Knap Nr. 3 op igen og nedtrykker Knap Nr. 1, hvorefter der ringes paa Abonnent Nr. 1. (Ringeanordningen er ikke vist paa Figuren, men maa tænkes indskudt i Stedet for T.) Derefter løfter Knappen Nr. 1 atter op og

Knapp Nr. 1-3 nedtrykkes, hvorved Forbindelsen er etableret. Telefonistinden kan, ved at nedtrykke Knappen med det største Nummer, altsaa i dette Tilfælde Nr. 3, sætte sin Telefon som Shunt paa Ledningerne og derved overbevise sig om, at Samtalen er i Gang. Naar Samtalen er sluttet, falder Klappen med det største Nummer (Nr. 3) ved Afringningen.

Pl. 6. Fig. 2. Strømskema for en simpel Telefoncentral. A_1 og A_2 = Abonnentjacker. K_1 og K_2 = Faldeklapper. SP = Stavprop. KP = Faldeprop. SK = Slutklap. S_a og S_b = Snoreledere. Ringeinduktor indskudt mellem R_s R_s. Fremgangsmaaden ved Opringning er følgende: A_1 kalder Centralen, hvorved K_1 falder. SP sættes ind i A_1's Jack og Talenøglen Tn trykkes tilvenstre, hvorved Telefonistindens Telefonapparat er sat i Forbindelse med A_1. Telefonistinden kan herefter umiddelbart afgøre, om den ønskede Abonnent A_2 er optaget eller ej. Telefonistinden sætter da KP ind i A_2's Jack, trykker Tn tilhøjre og kalder A_2 ved Hjælp af Induktoren. Naar derefter Tn slippes, er Forbindelsen mellem A_1 og A_2 bragt i Stand. Naar Samtalen er forbi, ringer Abonnenterne, hvorved SK falder, Telefonistinden tager Proppene ud, og Forbindelsen mellem Abonnenterne er dermed ophørt. Det ses, at K_1 og K_2 er afskudt under Samtalen, thi ellers vilde de ogsaa virke som Slutklappen og derved fremkalde Tilbagekald. Der vil i Almindelighed findes 10-20 Snorpar pr. Telefonistinde og alle disse har selvfølgelig fælles Telefonapparat, medens Ringeinduktoren er fælles for hele Centralen. Man samler de til Udførelsen af alle de nævnte Operationer nødvendige Apparater i saakaldte Omskillingsborde (Centralborde, Vekslerborde). Paa Pl. 6 Fig. 3

er vist Tværsnitsformen af et saadant Omskillings-
bord, der i Virkeligheden snarere har Form som et Skab.
I det lodrette Panel af anbringes alle Abonnenter Ja-
cken og Signalklappen samt de til Snorparrene høren-
de Slutklappen. Den vandrette Flade optages dels af
Proppene, der i Omskillingen staar lodret, idet Snorene
gaar gennem Hullerne i Fladen og strammes ved
Vægte v; saa snart en Prop tages ud af en Jack
og slippes, gaar den af sig selv tilbage til Omskillingen.
Paa Fladen findes tillige en Ekspeditionsnøgle for
hvert Snorpar. Omskillingsbordene indrettes ofte
for 100 til 200 Abonnenter. Til et Bord for 150 Abon-
nenter anvendes f. Eks. 15 Snorpar. Findes der flere
Abonnenter, end der kan optages i et enkelt Bord,
kan man stille flere Borde ved Siden af hinanden,
f. Eks. tre Borde A, B og C. Fra Bord B kan man
da godt direkte forbinde en B-Abonnent med en
A- eller C-Abonnent. Derimod kan man ikke
direkte forbinde en A- og C-Abonnent. Dette sker
ved Hjælp af særlige Forbindelsesledninger mellem
A- og C-Bordene. Telefonisterinderne ved A og C maa da
ved Tilraab eller gennem særlige Signalindret-
ninger aftale, hvilke Forbindelsesledninger, der
i hvert enkelt Tilfælde skal benyttes. For et større
Abonnentantal, f. Eks. over 500, bliver denne Drift
imidlertid dog altfor besværlig og uheldig; den kan
bødes meget herpaa ved at indrette det nævnte
Signalanlæg saa fuldkomment som muligt,
men i saa Fald gaar Simpelheden tabt. Dette
Forhold har ført til Konstruktionen af Multiple-
systemet, hvor hver Telefonistinde straks direkte

kan tilvejebringe den ønskede Forbindelse; men før end vi gaar over til Omtalen heraf, vil vi først kort omtale Krydsfeltet. For hurtigt og sikkert at kunne finde den til et vist Nummer svarende Jack, maa disse sidste være ordnede i Nummerfølge.

Dette kan derimod ikke gennemføres for de til Centralen indkommende Abonnentledninger (Bygningerne) og selv om det en Sang havde været Tilfældet, vilde det straks forandres, ved Abonnentens Flytning ved Omlægning af Ledningsnet o.s.v. Man maa derfor altid indrette det saaledes, at en vilkaarlig Abonnentledning kan forbindes med et vilkaarligt Nummer paa Centralen. Dette sker ved Hjælp af Krydsfeltet. For paa Abonnenten kan Krydsfeltet bestaa af et Bradt med to Rækker Klemmer, (Pl. 6 Fig. 4). Til den ene Klemmerække føres de indkommende Abonnentledninger, fra den anden Række udgaar de efter Nummer ordnede Centralledninger. Forbindelsen mellem de to Klemmerækker sker gennem løse Forbindelsestraade. Krydsfelter for større Abonnentantal konstrueres som et Jernskel, hvor de bærende Jernstænger som Regel gaar fra Gulv til Loft. De fra Siden kommende Ledninger føres til de lodrette Sikringslister S, (se Pl. 6 Fig. 5. den viser et vandret og et lodret Snit gennem et større Krydsfelt), medens Centralledningerne føres til de vandrette Klemmelister K L. (Sikringerne omtales senere). Klemmestykkerne paa Klemmelisterne bestaar som oftest kun af smaa Stykker Metalblik med to Øjer eller Hakker til Fastlodning

af Centralledningen og Krydstraaden. Til Isolation anvendes mest Ebonit. Til, paa vilkaarlig Maade at forbinde Krydsfeltets to Sider med hinanden anvendes Krydstraadene, der føres fra den til den ankommende Ledning hørende Sikring til det Klemmepar paa Klemmelisten, der har Abonnentens Nummer. Da Antallet af Krydstraade er meget stort, maa deres Føring ske systematisk. Hertil tjener de viste Føringsringe A. Fra Sikringen føres Krydstraaden bedret til den Føringsring, der ligger i samme Højde som den Klemmeliste, hvortil Traaden skal føres. Multiplesystemet tillader alle Telefonistinder at etablere de ønskede Forbindelser direkte fra deres Arbejdsplads. Dette kræver, at fra hver Arbejdsplads maa der indenfor Rakkevidde være en Jack for hver Abonnent, hvorigennem man kan kalde og tilvejebringe Forbindelse med vedkommende Abonnent (Kaldejacks). Endvidere maa man fra hver enkelt Arbejdsplads kunne konstatere om den ønskede Abonnent er fri eller optaget (»Teste"). Endelig maa Abonnentens Kaldesignal (Signalklap, Glødelampe o.s.v.) automatisk sættes ud af Funktion, saa snart Abonnenten forbindes med en anden. Den første Betingelse opfyldes paa den Maade, at man stiller en hel Række Centralborde i Forlængelse af hinanden, idet hvert Bord i Multiplefeltet Fl. 6 Fig. 7 indeholder en Kaldejack for hver Abonnent ordnet efter Nummer. (Markerer man nogle vilkaarligt valgte Abonnenters Kaldejacks, saa vil den i Multiplefeltet fremkomne Figur blive ens for alle Bordes Vedkommende). Foruden en Række Kaldejacks hører der til hver Abonnentledning en Signalindretning, hvor-

ved kan kan kalde Centralen, og en Svarejack, gen-
nem hvilken Telefonistinden kan sætte sig i Tele-
fonisk Forbindelse med Abonnenten, (se Pl. 6 Fig. 10).
Signalindretning og Svarejack anbringes altid
i hinandens umiddelbare Nærhed, begge Dele i
den lodrette Flade under Multiplefeltet. Det sam-
lede Antal Kaldejacks fordeles ligeligt over samt-
lige Centralborde. Fig. 10 viser skematisk to Tele-
fonforbindelser, nemlig: Kaldende Ab. 12171. i Forbin-
delse med kaldte Ab. 14233, og kaldende Ab. 13476
i Forbindelse med kaldte Ab. 1134. Ved hvert Cen-
tralbord er der 3 Arbejdspladser I, II og III (under nor-
den 7 Arbejdspladser ved 2 Borde). En Telefonist-
inde kan nemlig uden Vanskelighed betjene
baade den Del af Multiplefeltet, der befinder sig
lige over hendes Arbejdsplads og de to Nabofelter.
At gentage hele Multiplefeltet for hver Arbejds-
plads vilde være aldeles overflødigt og unød-
vendigt. Kun for de yderste Arbejdspladser ved de
yderste Borde volder den angivne Ordning Vanske-
lighed, idet det ene Nabofelt her mangler. Det
maa enten hjælpes ekstra, eller den yderste Arbejds-
plads lades ubesat. Antallet af Abonnenter, som
en Telefonistinde kan betjene, retter sig efter
Forholdene, navnlig efter Abonnenternes Samtale-
tal pr. Dag og Samtalernes Fordeling, om de rolig
falder i den travle Tid eller uden for denne. Der
kan her opnaaes en hel Del ved at gruppere Ab-
onnenterne paa passende Maade. Sætter man frem
efter Nummerfølge og tildelte en Telefonistinde alle
Abonnenter fra 5000-5099, en anden fra 5100-5199

o.s.v., saa vilde man risikere at enkelte Telefonistinder blev ganske overbelastede, medens andre næsten intet fik at udrette. For bekvemt at kunne foretage denne Fordeling af Abonnenterne og atter ordne dem i Overensstemmelse med Udviklingen, indrettes ofte et Mellemfelt, der konstrueres analogt med et Krydsfelt (dog uden Sikringer) og indskydes mellem de gennem Multiplefeltet gaaende Centralledninger og de tilhørende Svarejacks. Pl. 6 Fig. 8 og 9 viser skematisk to forskellige Ordninger af Mellemfeltet, idet Ledningerne kun er antydet ved enkelte Linier.

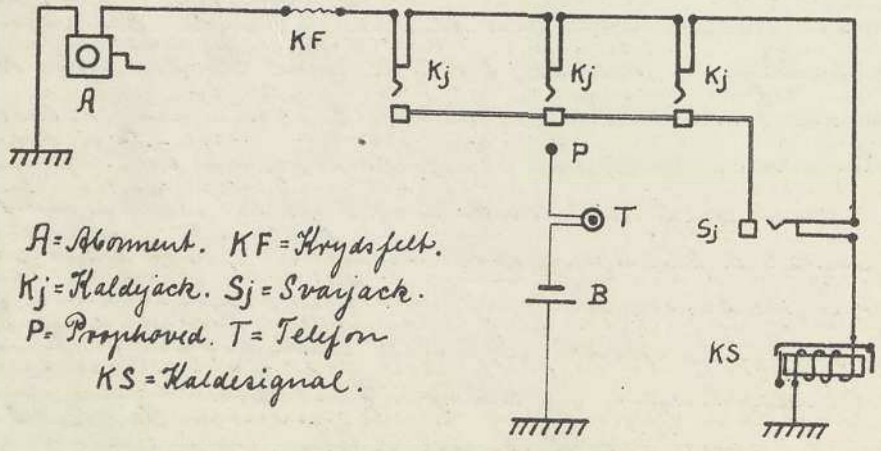
Fordeles Abonnenterne paa henimod samme Maade, kan hver Telefonistinde som Regel betjene mellem 80 og 120. Regnes for Simpelthedens Skyld med Tallet 100, faar man følgende Tal for Centraler til 5000, 10000 og 20000 Abonnenter:

Central for 5000 Ab: $\frac{5000}{3 \cdot 100} = 17$ Borde og $17 \times 5000 = 85000$ Haldjacks
—"— for 10000 " : $\frac{10000}{3 \cdot 100} = 34$ — " $34 \times 10000 = 340000$ —"—
—"— for 20000 " : $\frac{20000}{3 \cdot 100} = 67$ — " $67 \times 20000 = 1340000$ —"—

Antallet af Haldjacks voxer saaledes med 2. Potens af Abonnenttallet. Store Centraler bliver derfor uforholdsmæssig dyre; men ogsaa rent teknisk er der Grænser for, hvor stor man kan bygge en Central. Telefonistinden maa nemlig bekvemt kunne naa enhver Jack i Multiplefeltet, og dettes Størrelse kan derfor ikke overskride de visse Maal. Længden, der svarer til Længden af et Centralbord, bør ikke overskride 200 cm, og gøres almindeligt omkring 180 cm; Højden gøres sjælden 90 cm. Det disponible Areal er altsaa sjælden 1,8 m². Af dette Areal medgaar en Del til de bærende Konstruktionsdele, tilbage bliver kun c. 1,5 m² til Udfyldelse med Jacken.

Optager hver af disse et Tværsnitsareal af 0.75 cm², saa kan Multiplefeltet højst optage 2000 Jacker. Reduceres Jackens Tværsnitsareal til 0.5 cm², bliver der Plads til 3000. Anvendelsen af meget smaa Jacker og Propper støder dog paa konstruktive Vanskeligheder, ligesom Betjeningen bliver mere besværlig. I store Byer maa man derfor gaa til Anvendelsen af flere Centraler, der sammenknyttes med et tilstrækkeligt stort Antal Forbindelsesledninger. Om den heldigste Størrelse af Centralen og den bedste Ordning af Driften meldes der en Mængde endnu delte. Som Regel ordnes Forholdene saaledes, at hver Central har sit bestemte, geometriske Omraade, saaledes at der opstaar en Række jævnbyrdige Centraler. Hensigtsmæssigere er dog den københavnske Ordning, hvor Hovedcentralen optager alle „større" Abonnenter (Forretningstelefoner) fra hele det egentlige København, medens Smaacentralerne, Byen, Nørre, Østre o. s. v. kun optager de lokale mindre Abonnenter. Det overvejende Antal Samtaler finder nemlig Sted mellem de store Abonnenter indbyrdes, og de tilsvarende Forbindelser sker ved denne Ordning paa hurtigste og billigste Maade, idet der til Udførelsen kun kræves en enkelt Telefonstinde. Kun de forholdsvis faa Samtaler mellem Hovedcentralen og Smaacentralerne samt mellem disse indbyrdes maa ske over Forbindelsesledningerne mellem Centralerne og kræver Medvirkning af to Telefonistinder. Den nederste Del af Multiplefeltet indeholder foruden Forbindelsesledninger til andre Centraler ogsaa Koldejacks til store Forretninger o. lign. med mange Ledn-

gen. Alle disse Ledninger figurerer nemlig under eet og samme Nummer i Telefonbogen, men paa dette Nummers Plads i Multiplefeltet findes da en Henvisning til Feltet nedenunder, og her findes da en hel Række Jacker, hvortil vedkommende Abonnents Ledninger er ført. Telefonisten kan da efterhaanden undersøge, om alle disse er optaget. Det samme kan Abonnenten opnaa ved at bestille flere Numre umiddelbart efter hinanden. De tilsvarende Jacker i Multiplefeltet angives da med en Ramme for at angive, at de hører sammen. Den fornævnte Metode er dog den almindeligste. Prøven for om en Abonnent er optaget eller ikke, sker ved at Telefonistinden med Kaldepropjens Hoved berører Bøsningen af vedkommende Kaldejack („tester"). Er Abonnenten optaget, hører hun en karakteristisk Støj i Telefonen ellers ikke, og er Abonnenten ikke optaget, føres Propjen uden videre ind i Jacken, og Forbindelsen er etableret. Denne Testning kan foregaa paa flere Maader, og i det følgende gives nogle Eksempler.



A = Abonnent. KF = Krydsfelt.
Kj = Kaldejack. Sj = Svajack.
P = Prophoved. T = Telefon
KS = Kaldesignal.

Fig. a.

Fig. a. viser et ved Enkeltledningen meget benyttet Arrangement. Efter at have passeret Krydsfeltet KF, passerer Ledningen gennem samtlige til den hörende Kaldejacker, til Svarejacken Sj, og gennem Kaldeklappen til Jord.

Samtlige til Ledningen hörende Jackers Bösninger er forbundet ved en Testledning, der normalt, naar Abonnenten er fri, er isoleret. Föres en Prop ind i en af Jackerne, forbindes Testledningen med Telefonledningen og derved til Jord over Abonnentens Apparat. Testen foregaar paa den anbydede Maade, idet den ene Klemme paa Telefonistindens Telefon er ført til Jord over et Batteri B, medens den anden Klemme er i Forbindelse med Propbroedet. Er Ledningen optaget slutter et Batteriløb: Jord - Batteri - Telefon - Prop - Testledning - Jack - Telefonledning - Abonnentapparat - Jord, og der höres et Knak i Telefonen. Dette Arrangement er meget simpelt, men har den Fejl, at man let faar Knak i Telefonen, selv om Ledningen ikke er optaget, f. Eks. ved en lille Isolationsfejl i Testledningen eller paa Grund af Ladningsfænomener. Samtlige Jacken er Afbryderjacker, og det ses uden videre i Figuren, hvorledes Indstrømningen af en Prop afbryder Abonnentens Kaldeklap fra Forbindelse med Ledningen.

For Enkeltledningen benyttes den viste Ordning meget, men man er efterhaanden mere og mere gaaet over til Dobbeltledning og har da ofte enten benyttet det i Fig. b eller c viste Arrangement, der kan betegnes som henholdsvis 2-Leder og 3-Leder Systemet. Ved 2-Leder-Systemet Fig. b er Testledningen den ene af Dobbeltledningens to Traade, der, naar Abonnenten er fri, er uden Spænding. Er Abonnenten derimod opta-

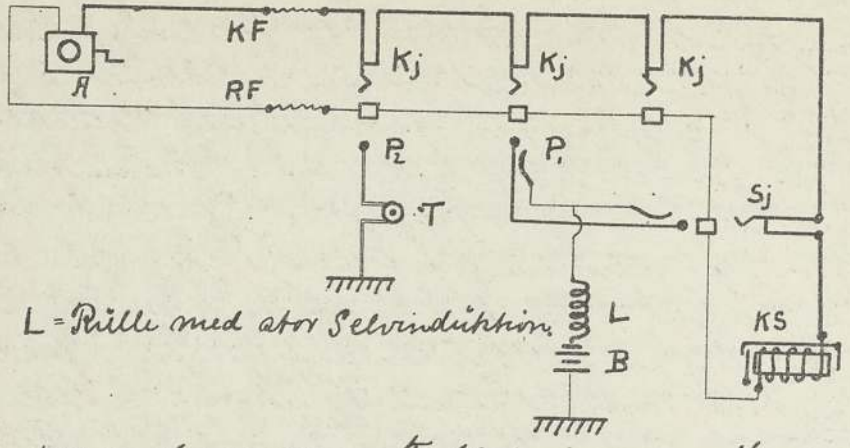


Fig. b.

L = Rulle med stor Selvinduktion.

get, saa er der mellem Testledningen og Jord indskudt et Batteri B, og Testen foregaar paa den antydede Maade. Det er her nødvendigt at indskyde en Rulle L, med stor Selvinduktion, mellem Snorløbet og Jord.

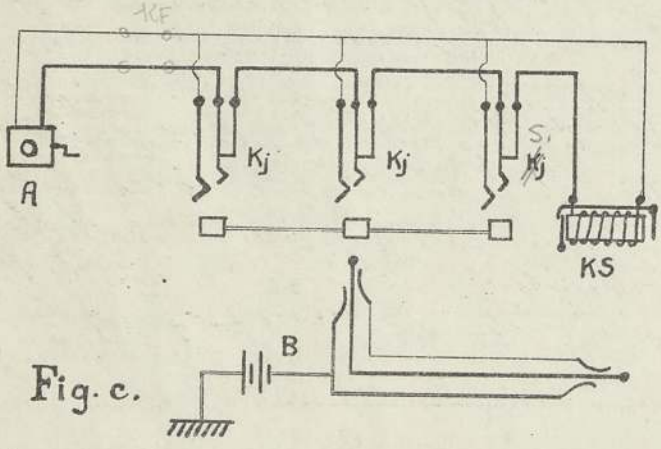


Fig. c.

Ved Tre-Leder Systemet Fig. C er Dobbeltledningen ført igennem alle Jackene, medens den isolerede Testledning er uden Forbindelse med Taleløbet. Den maa saaledes føres 3 Ledninger gennem Multiplepelet, medens man ved 2 Ledersystemet kun havde to. Ved 3-Leder Systemet anvendes ogsaa 3-delte Propper. Som Fig. C viser, er Testledningen isoleret, naar Abonnenten er fri, medens den er under Spænding fra Batteriet B, naar Abonnenten er optaget. I Stedet for at lade Teststrømmen direkte paavirke Telefonistindens Telefon, kan man ogsaa lade den slutte et Re-

lais, der saa sender en passende Signalstrøm, f. Eks. en tonegivende Vekselstrøm, til Telefonen. Man opnaar paa den Maade et sikrere og klarere Signal.

I Fig. a-c udskyder Abonnentens Kaldeklap, saa snart der føres en Prøve ind i en af Ledningens Jacker, idet alle disse er Afbryderjacker. Denne Metode vaar tidligere den almindeligst benyttede; den har dog en Del Mangler. Paa store Centraler kommer der i hver Ledning en hel Del Kontakter i Serie (f. Eks. i en Central med 10000 Abonnenter omkring 30 Serikontakter i hver Ledning, altsaa 300000 i alt). Disse mange Kontakter giver Anledning til Fejl. Afbryderjackerne er ogsaa dyrere end Paralleljackerne. Endelig har de i Fig. b-c viste Ordningen den Fejl, at de kun afbryder den ene Del af Dobbeltledningens to Grene, medens den anden gaar videre til Klappen. Den saaledes fremkaldte Mangel paa Symmetri er uheldig.

Den kan undgaaes ved at anvende dobbelte Afbryderjacker, men disse er endnu dyrere. For at undgaa disse Gener, anvender man nu mest Paralleljacker og sætter saa Abonnentens Kaldesignal ud af Virksomhed paa anden Maade. I det følgende gives

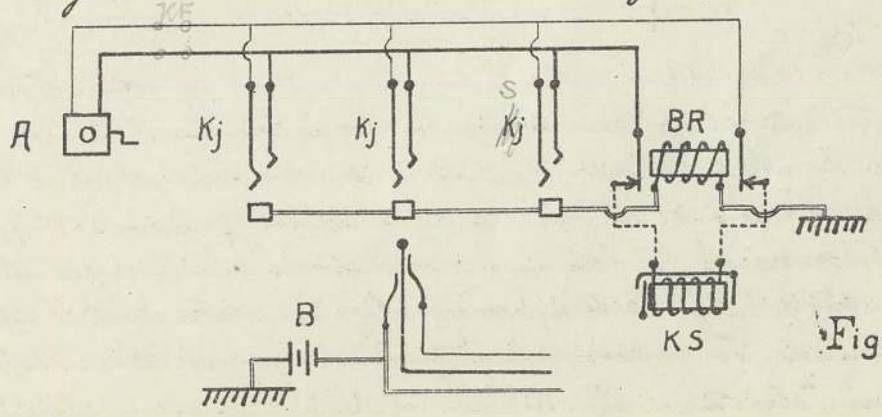


Fig. d.

nogle Eksempler herpaa. Naar man i Fig. d. sætter en Prop ind i en af Liniens Jacker, vil Bryderelaiset BR afbryde begge Ledninger til Kaldesignalet. Dette er, som nævnt, en Fordel. Desuden ses det at man her faar en ganske sikker Test, idet Testledningen her normalt er jordforbunden og altsaa maa have Jordens Potential. Det foregaaende tager navnlig Sigte paa Centraler efter Lokalbatterisystemet. I den senere Tid anvender man imidlertid som Regel Centralbatterisystemet paa større Centraler.

Centralbatterisystemet.

Man anvender et Batteri paa 20-24 Volt, i Almindelighed det sidste, og Batteriet bruges da til at føde baade Mikrofonerne og Signallamperne paa Centralen. For en Central paa 2000 Abonnenter kan Strømmen komme op paa ca. 600 Amp., og man anvender da et Batteri paa 6000 Amperetimer. En Ordning som

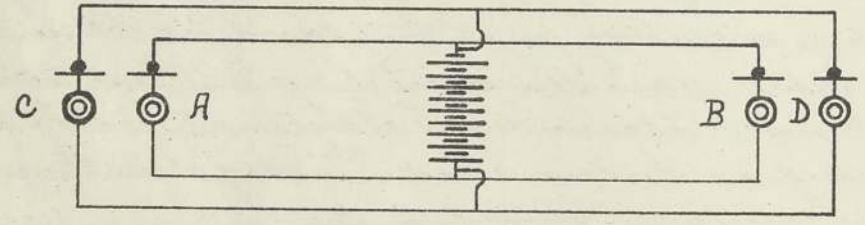


Fig. e.

vist ovenfor kan ikke benyttes alene af den Grund, at Ledningen mellem de to Abonnenter kortsluttes gennem Batteriet, men tillige ses det, at hvis A skal tale med B samtidig med, at C taler med D, saa vil de ved ovenstaaende Ordning være forbundet med hinanden alle 4, hvilket selvfølgelig ikke maa ske. Man maa derfor som vist Fig. f. indskyde store Selvinduktioner mellem Batteriet og Ledningerne, hvilket hin-

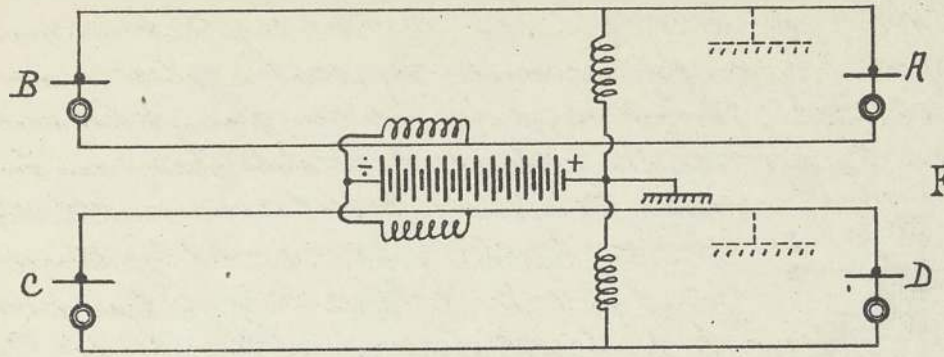


Fig. f.

den Talestrømmen i at gaa enten over Batteriet eller over paa en anden Ledning, men derimod ikke tillade Mikrofonstrømmen at passere. Man har herved opnaaet, at A og D ikke tale sammen, og at A og B uforstyrret kan tale sammen. Hvis man har Jordforbindelsen som vist punkteret (enten direkte Afledning for Jævnstrøm eller ad kapacitiv Vej for Vekselstrøm), saa ses det, at der vil være en Tilbøjelighed til, at Talestrømmen gaar fra A til D gennem Batteriet og for at undgaa dette, vil man altid jordforbinde den ene Pol af Batteriet som vist. Da det nu ofte sker, at nogle af de strømførende Metaldele i Arbejdsstedet ved Boring eller lignende bliver fugtige paa Overfladen, kan der fra disse gennem Afledning dannes et Strømløb til Jord og for at Metallet da ikke skal ødelægges efterhaanden af elektrolytiske Aarsager, vil man altid sørge for, at Metallet danner den negative Pol. Man vil altsaa altid forbinde Batteriets positive Pol til Jord. De Induktionsruller, som indskydes mellem Ledning og Batteri, har en ikke helt ringe Modstand og endvidere ses det, at den Abon-

nent, der har den længste Ledning, faar den mindste Strøm og desto mindre, jo kortere Ledningen er til den anden Abonnent, hvilket egentlig er irrationelt. For at undgaa dette, benytter man da en Spole, der er viklet bifilart paa en Jernkerne, idet Enderne forbindes med Ledningen, og Midten forbindes til Batteriet som vist Fig. 9. Denne Spole har en lille Selvinduktion med Hensyn til Passage fra A til B og omvendt, men derimod en stor Selvinduktion med Hensyn til Passage gennem Batteriet og virker følgelig paa samme Maade som Induktionsrullerne oben for; men tillige ses det, at med Hensyn til Jødestrøm bliver de to Abonnentledninger nu ganske uafhængige af hinanden. Man kan ogsaa anvende en Ordning som vist paa Pl. 8 Fig. 3, idet, som vist senere, Sr_1 og Sr_2 bruges i Forvejen i Smorkredsløbet.

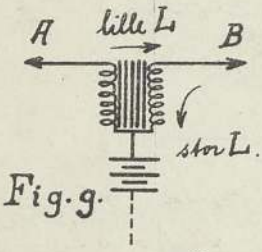


Fig. 9.

Signallampen. Ved større Centralen med C-B Systemet bevirker Abonnentens Kalden, at en Lampe tændes inde paa Centralen, og falder for alle de Maader, hvorpaa dette kan foregaa, er, at Lampen tændes, idet Abonnenten tager Telefonen af Gaffelen, og igen slukkes, naar Telefonistinden sætter en Svarprop i Abonnentens Svarjack. Paa Fig. A-G er vist forskellige Maader, hvorpaa dette kan gøres:

Fig. A: Naar Abonnenten tager Telefonen af Gaffelen (kalder), etableres derved en Forbindelse mellem Ledningerne a og b. Kalderelaiset faar Strøm og tiltrækker sit Anker, hvorved Abonnentlampen AL. tændes. Idet Svarpropnen Sp. sættes ind i Svarja-

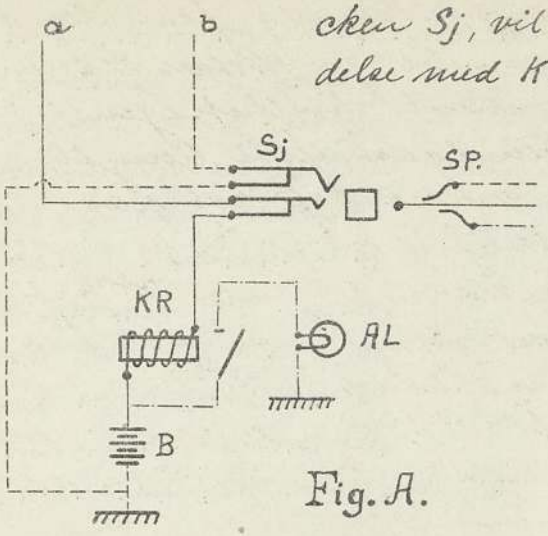


Fig. A.

cken Sj, vil begge Ledningens Forbindelse med KR blive afbrudt, hvorved KR taber sit Anker og AL slukkes. Af Hensyn til Talestrømmen vil det altid være heldigt at afbryde begge Ledninger fra KR. o. l. paa Grund af disses Kapacitet o. l., men det ses, at man ved hosstaaende Anordning hertil maa benytte dobbelte Afbrydejacker og disse er som tidligere nævnt ikke praktiske paa større Centraler.

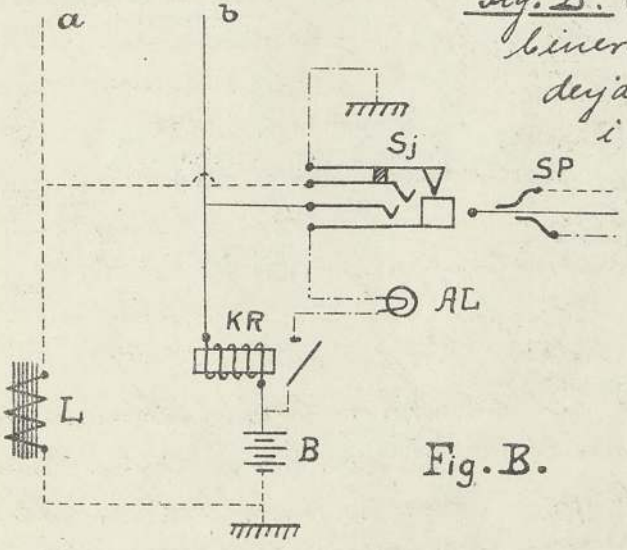


Fig. B.

Fig. B. Her er anvendt en kombineret Parallel- og Afbrydejack. Naar SP sættes ind i Sj, afbrydes AL's Forbindelse med Jord over Sj og AL slukkes. Her afbrydes Ledningens Forbindelse med KR ikke, og for at undgaa, at Talestrømmen gaar denne Vej, er altsaa KR bygget med stor Selvinduktion, medens der i Ledning a er indskudt en Rulle L med stor Selvinduktion.

Fig. C. Naar Abonnenten kalder, tiltrækkes KR sit Anker, og AL lyser. Naar SP sættes ind i Sj

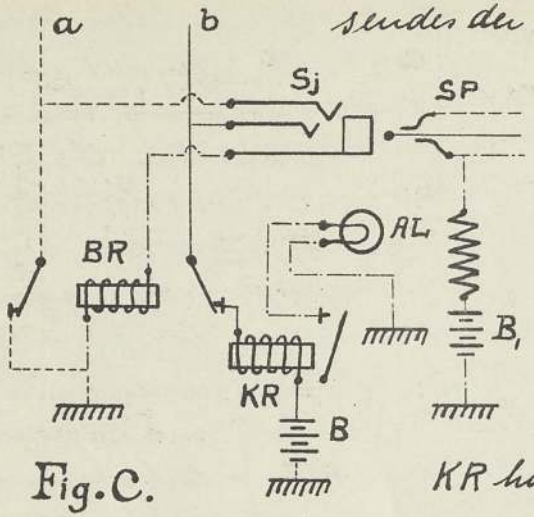


Fig.C.

sendes den Ström gennem Brydervæ-
laiet BR, hvorved dette
for det første bryder begge
Ledningens Forbindelse med
Haldeanordningen og der-
ved samtidig bryder Strøm
men i KR, hvorved AL slukkes. Fig. D. BR bryder
Kontakten K og dermed
Strømmen gennem AL.
KR har stor Selvinduktion, der

spærrer Vejen for Talestrøm
men. Fig. E. Naar SP sættes ind i Sj, vil Halsen paa
Proppen SP komme i Forbin-
delse med Jackbøsningen
og øverste Jackfjeder og der-
igennem kortsluttet KR,
som da taber sit Anker.

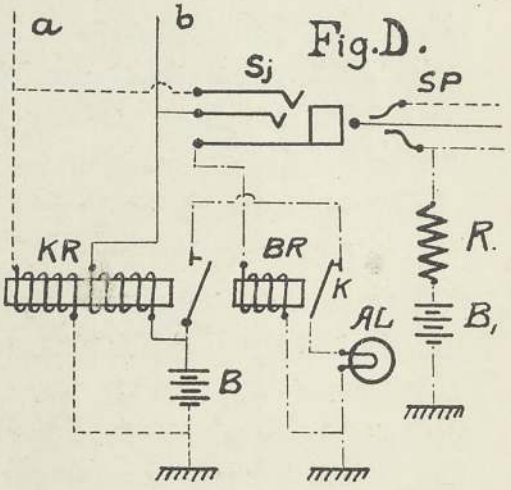


Fig.D.

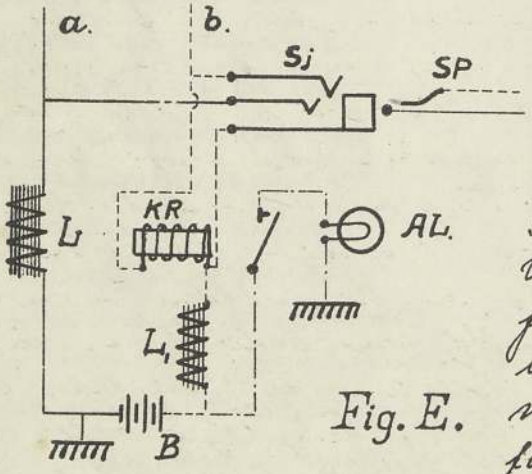


Fig.E.

Fig. F. Naar Abonnenten
kalder faar begge Relaiers
Ström, men KR har flest
Vindinger og tiltrækker der-
for Ankeret. Naar SP sættes
ind i Sj, forstærkes Ström-
men gennem BR, som dermed
faar Overhaand og bryder

Strømmen gennem AL. F a-Snorlederen i SP maa vore indskudt en Selvinduktionsrulle L, som vist, for at sperre for Talestrøm.

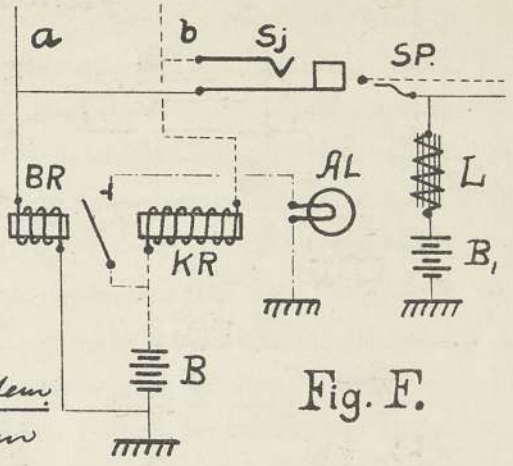


Fig. F.

Diagrammer over Telefoncentraler.

Pl. 7. Fig 1. Western 3 Leder System. II er det fuldstændige Diagram for det i I viste simplificerede Centraldiagram. III er det simplificerede Diagram for to Abonnenter, naar deres Forbindelse er kommet i Stand.

Naar M tager Telefonen af Gaflen, vil Strømmen sluttes gennem B-Kr-L_b-M-L_a-Jord, hvorved Kr tiltrækker sit Anker og AL lyser. Naar derpaa Sp rettes ind i Sj, sluttes Strømmen gennem B-Sl-r_4-Sp-Sj-Br-Jord, hvorved Br bryder L_a og L_b's Forbindelse med Jord og med Kr, der taber sit Anker, og AL slukkes. Samtidig sluttes imidlertid en Strøm B-Tr_a-Sp-Sj-L_a-M-L_b-Sj-Sp-Sr_1-Tr_b-B, hvorved Sr_1 tiltrækker sit Anker, der skunder Sl, med r_3, saaledes at Sl, stadig forbliver mørk. Telefonistinden føler nu Nø til venstre og er derved inde paa M's Ledning. Ved at indskyde Tl, som vist, opnaas, at man ikke i Tl kan høre, hvad man selv taler ind i Mi. Telefonistinden tester derpaa ved at berøre Kj med Kp, og er N optaget, er der Spænding paa Kj's Bøsning, hvorved der kommer en Strøm gennem Kp's Hoved, gennem Nø, som stadig staar i venstre Stilling, gennem Tl og til Opladning af C_2 saaledes, at hun hører et Knak i Tl. Er N ikke optaget, rettes derpaa Kp helt ind i Kj hvorved N's Br træder i Virksomhed

og samtidig Sl_2 tændes. Derefter føres Nø tilbøjre, hvorved der sendes Ringestrøm til N, og at R_3 fungerer vises af Rl. Naar dernæst Nø føres tilbage i Midtstilling, er Forbindelsen afbrudt. Sl_2 slukkes, naar N tager Telefonen af Gaflen, hvilket paa denne Maade tilkendegives for Telefonistinden. Naar en Abonnent efter endt Samtale atter hænger Telefonen op, tændes den tilsvarende Slutlampe, Sl_1 eller Sl_2.

Pl. 8 Fig 1. Ericssons 2-Ledersystem (K. T. A. S.). Kr og Br have stor Selvinduktion for at hindre Talestrømmen i at gaa denne Vej. Naar M løfter Telefonen af Gaflen, gaar der Strøm B-Kr-M-Br-B, men da Kr har flest Vindinger, vil dette faa Overhaand og tiltrække Ankeret, hvorved Al lyser. (Pl. 8 Fig 4.). Naar derpaa Sp sættes ind i Sj fås følgende Strømløb (se Fig. 3-4.): B-Br-Sj-Sp-Sr_{1I}-B og altsaa større Strøm gennem Br og endvidere bliver Kr shuntet med Sr_{1II} idet Sr_{1I} tiltrækker sit Anker (B-Br-b-M-a $<^{Kr-B.}_{Sj-Sp}$ $-Sr_{1II}$-B.).

Begge Dele gør, at Br nu faar Overhaand og derved atter slukker Al (Fig. 4.) Baade Sr_{1I} og Sr_{1II} vil altsaa tiltrække sine Ankre saaledes, at alle Lamperne Sl forbliver mørke. Naar Matten hænger Telefonen op, afbrydes Strømmen gennem Sr_{1II}, som derved taber sit Anker og da slutter Kredsløbet Jord-Sr_3-Sl_1-B d.v.s. at Slutlampen Sl_1 nu lyser. Samtidig bringer Sr_3 Lampen Sl_3 til at lyse. Sl_3 er fælles for alle Snorepar ved en Arbejdsplads og lyser, saa snart en kaldende Abonnent ved Arbejdspladsen afbryder en Samtale. Naar endelig Sp tages ud af Sj, taber Sr_{1II} og derpaa ogsaa Sr_3 sit Anker, saa Sl_1 og Sl_3 nu slukkes. Test og Opkald af den kaldte Abonnent foregaar paa analog

Maade. (Den anvendes dog Tonedel, den styres af et særligt Testrelais). Svarende til Lampen $S_{1/3}$ i Plan 8 Fig. 1. har man ogsaa ved hver Arbejdsplads en Lampe, den tændes, saa snart en Abonnentlampe er tændt og disse Lamper er gentaget i et særligt Kontrolfelt, hvor man da kan se, om vedkommende Telefonistinde har meget eller lidt at bestille og dernaa eventuelt skille sig parallelt ind paa vedkommende Arbejdsplads for at kontrollere. Paa Fig. 6 en Kr Abonnentens Holderelais, KR_1 Kontrollampetelais, KL en den paa Arbejdspladsen anbragte Kontrollampe, KL_1, Kontrollampen i det særlige Kontrolfelt. Til Brug ved Natdrift er endvidere anbragt en Klokke Kl, den, naar Omskilleren O staar i den punkterede Stilling, ringer saa snart en af Kontrollamperne tændes.

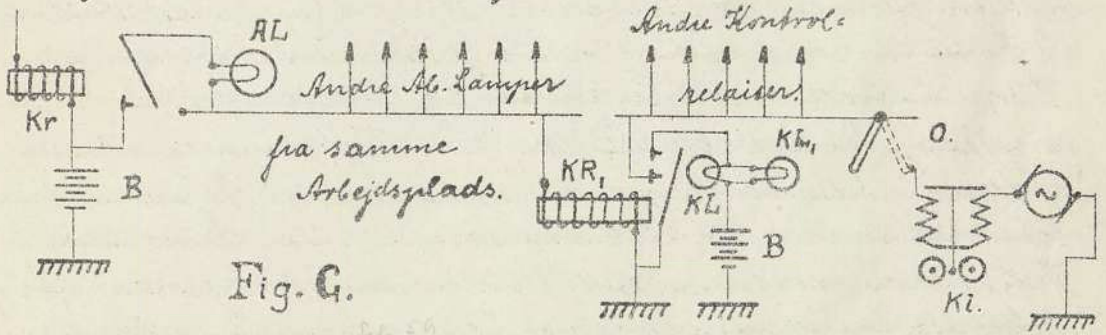


Fig. 6.

To-Gruppecentraler.

Hvis en Central faar over 2000 Abonnenter, er det som tidligere nævnt vanskeligt at bygge Centralen med et enkelt Multiplefelt. Man har da undertiden anvendt følgende Metode: Centralen er delt i to Dele med hver sit Multiplefelt: A-Centralens og B-Centralens, og hos Abonnenten er da anbragt to Trykknapper, som gør det muligt for ham at kalde enten

A-Centralen eller B-Centralen. Man kan altsaa paa denne Maade bygge Centralen til ca. 4000 Abonnenter. Det er indrettet saaledes, at han Abonnenten først kaldt f. Eks. A-Centralen ved en Tilstagelse, kan han ikke tage efter kalde B-Centralen, før han har vinget af til A-Centralen, og dette, der kræver en særlig Relaisanordning, vil i Forbindelse med, at hver Abonnent skal have Kalderelais o. l. paa begge Centraler gøre, at denne Anordning er ret dyr.

Centralen med særligt Fordelingsbord.

Ved denne Ordning er alle Abonnenters Svarjacks ført til et særligt Fordelingsbord og ved disse Borde er tillige anbragt en Lampe for hver Arbejdsplads paa Centralen, saa Fordelingsdamen kan se hvilke Arbejdspladser, der er ledige, og endelig findes der en Række Proppen, som ender i Jacker med tilhørende Kaldesignaler ved de forskellige Arbejdspladser. Naar en Abonnent kalder, sætter Fordelingsdamen en ledig Prop ind i hans Svarjack og har derved flyttet hans Kaldesignal hen til en ledig Arbejdsplads, hvor saa Forbindelsen etableres. Ved denne Metode opnaas, at man kan lade Antallet af Telefonistinder rette sig efter den øjeblikkelige Trafik, og da Fordelingsdamen kun har at forbinde Abonnenten til en ledig Arbejdsplads, kan hun overkomme et stort Antal Forbindelser. Endvidere kan man ved denne Metode undgaa Mellemfeltet. Dette System er anvendt i Hamborg, men her er Centralen delt i 8 Dele, og der er derfor indført endnu et Mellemled nemlig en Dame, der fordeler Opkaldene efter de forskellige 8 Numre. Op-

kaldene gaar ligesom før til et Fordelingsbord, hvorfra de føres videre til et ledigt Bord. Ved dette nærmer Abonnenten da, hvilket Bord han ønsker Forbindelse med, og Fordelingsdamen her har da Snore, der føier til Arbejdspladserne ved de forskellige Borde, hvorefter Forbindelsen etableres her paa sædvanlig Maade.

Centralforbindelsesledninger.

Naar en Bys Telefonabonnenter er fordelt paa flere Centraler, vil en stor Del af Opkaldene gælde en fremmed Central, og Forbindelsen vil altsaa passere to Centraler. Til Brug for disse Forbindelser er Centralerne derfor indbyrdes forbundne med et Net af Centralforbindelsesledninger. Det er da almindeligvis indrettet saaledes, at man mellem Central A og Central B har nogle Ledninger, der kun bruges til Opkald i den ene Retning og andre til Opkald i den modsatte Retning. En Ledning, der benyttes til Opkald fra A til B, vil da være multiplet gennem flere (maaske alle) Arbejdspladser paa Central A til Kaldejacker her og ender i en enkelt Svarjack eller maaske en enkelt Snor med Kaldeprop paa Central B. Naar en Telefonistinde paa A-Centralen ønsker Forbindelse med B-Centralen, maa hun først teste om Ledningen er optaget, og denne Test sker paa sædvanlig Maade for Kaldejackernes Vedkommende, men tillige skal Testen vise, om Ledningens Svarjack paa B-Centralen er optaget, og denne Test er mere kompliceret. Man har her anvendt forskellige Metoder: For Eks kan det være indrettet saaledes, at en Lampe lyser paa A-Centra-

den, naar Ledningen er opdaget, eller saaledes, at Telefonistinden paa A-Centralen i sin Telefon hører en Tikken af et Kontrolur, som indskydes paa B-Centralen, naar Ledningen er fri. Den sidste Metode er besværlig, og den første har den Ulempe, at det kan ske, at, naar en Lampe slukkes paa A-Centralen og dermed bekendtgiver, at en Ledning er blevet fri, saa ses dette samtidig af to Telefonistinder, som da samtidig sætter sig i Forbindelse med samme Ledning. Alle disse Ulemper ved den indviklede Testanordning undgaas ved Anvendelse af „Taleledning": Mellem A-Centralen og B-Centralen er foruden de sædvanlige Centralforbindelsesledninger indskudt en Række saakaldte Taleledninger, og Forbindelsen etableres nu saaledes: A-Telefonistinden trykker paa en Nøgle, saa hun kommer i direkte Talforbindelse med en B-Telefonistinde. A-T. beder om det Nummer, som Abonnenten ønsker paa B-Centralen, og B-T. svarer med at angive en ledig Centralledning mellem A- og B-Centralen. A-T. sætter da Abonnenten i Forbindelse med denne Ledning og Resten foretages nu paa sædvanlig Maade af B-T. (Dette sker f. Eks. her i Byen, naar man ringer fra en af Smaacentralerne til Hovedcentralen, men ikke omvendt). Taleledningerne er multiplet gennem flere (maaske alle) A-Bordene og munder ud ved et enkelt B-Bord. Findes der mange Taleledninger, indskydes der her en Automatvælger. (F. Eks. af P. V. Christensens Konstruktion, hvor Vælgeren bevæges ved Hjælp af Trykluft, eller elektromagnetisk drevne „Step by step" Vælgere, analoge med de, der anvendes ved automatiske Centraler). Et A-Bord i nyeste Form har altsaa intet

Mülkipleſelt. Et B-Bord har intet Lokalfelt, men kun Mülkipleſelt og Snorene fra Centralledningerne, idet disse ved B-Bordet direkte munder ud i Proppen. Ved f. Eks. Central „Byen" har ingen af A-Bordene Mülkipleſelt og skal altsaa en Abonnent her tale med en anden Abonnent „Byen", saa bliver kun ført over en Centralledning til et B-Bord. De allerfleste Opkald gaar nemlig til andre Centraler.

I den senere Tid vinder automatiske Centraler mer og mer Indpas. Med Hensyn til disses Konstruktion og Virkemaade henvises til P. V. Christensen: "Grundrids af de automatiske Telefoncentralers Teknik og Udviklingshistorie". Elektrotekniker en 1916.

Telegraf- og Telefonledninger.

Linielægning. Luftlinemateriel. Til Telegrafledninger anvendes i Almindelighed følgende Dimensioner i galvaniseret Jerntraad: 5,5 m/m (Nr. 5); 4,5 m/m (Nr. 7.); 2,76 m/m (Nr. 12) samt 3 m/m Staaltraad. Til vigtige Telegraflinier i Forbindelse med Kabler dog ogsaa 3 m/m haardtrukken Kobbertraad. I Byen anvendes ofte 2 m/m Bronzetraad. Til vigtige Telefonledninger anvendes haardtrukken Kobber- eller Bronzetraad, det sidste hvor Styrkespørgsmaalet har stor Betydning. For at faa stærke Ledninger anvendes Bronzetraad, der i mekanisk Henseende er bedre end Kobber. For Eksempel:

Tabel for haardtrk. Kobbertraad.

d.	Vægt/km.	Δ pr. km	1/Δ.
5 m/m	178 Kg.	ca. 0,0022	ca. 455 Km.
4 "	112 "	" 30	" 333 "
3 "	63 "	" 46	" 217 "
2,5 "	44 "	" 61	" 164 "
(2) "	28 "	" 85	" 118 "

d.	Brudstyrke.	Ledningsevne.
3 m/m Cu.	44 kg m/m²	95 % af rent Cu.
2 " Bronze	58 "	75 " —"—
1,25 " —"—	80 "	35 " —"—

For Bronzetraad faas ovrigt:

d.	Vægt/km.	Ø pr. km.	1/α.
2,5 m/m	44 kg.	ca. 0,0071	ca. 141 km.
2.0 "	28 "	" 0,0103	" 97 "
1,8 "	16 "	" 0,0200	" 50 "
1,25 "	11 "	" 0,0310	" 32 "

For Jerntraad haves:

2,76 "	48 kg/m/m²	ca. 0,026	ca. 39 km.	Nr. 17.
2,10 "	27 —"—	" 0,040	" 25 "	" 14.

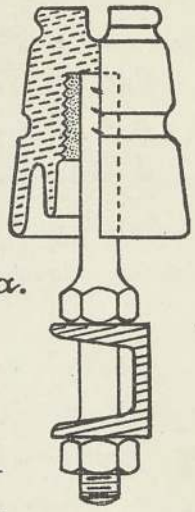


Fig. a.

Nr. 17 bruges til Centralledninger, Nr. 14 til Abonnentledninger.

Anbringelse af Ledningerne. Telefonledningerne maa ligge nogenlunde præcist i Forhold til hverandre af Hensyn til gunstig Induktion o. l., de anbringes derfor oftest paa Isolatorer, der er fastgjort med lige Bolte til Tværarme paa Pale, som vist ovenstaaende i Fig. a. Disse eller lignende Isolatorer anvendes til Kobber og Bronzetraad, baade til Telegraf og Telefon. Til Telegrafledninger af Jerntraad anvendes derimod den i Fig. b viste Isolator. Ved de Luftledninger, der staar i Forbindelse med underjordiske Telegrafkabler, anvendes ofte Iso-

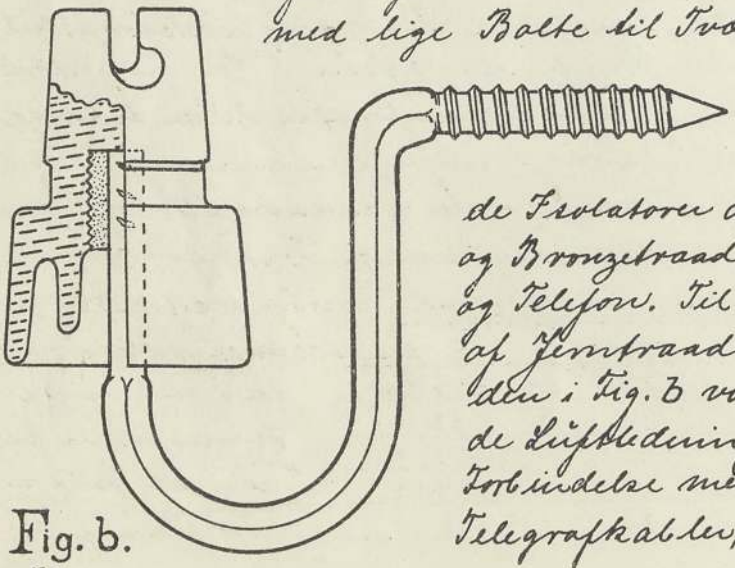


Fig. b.

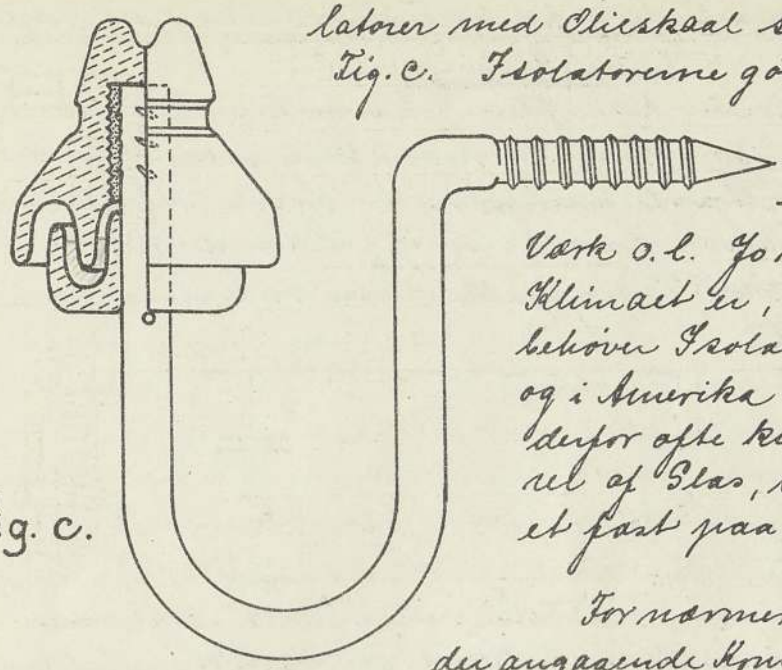


Fig. c.

latorer med Glieskaal som vist paa Fig. c. Isolatorerne göres fast til Isolatorar-men eller -tappen med Värk o.l. Jo mere tört Klimaet er, desto mindre behöver Isolatoren at vare, og i Amerika anvendes derfor ofte kun Isolatoren af Glas, som er skrüet fast paa en Trägind.

For nærmere Enkeltheder angaaende Konstruktionen af Telegraf- og Telefonledningen kan bl. a. henvises til:

1. Telegraf- og Telefonteknik, udgivet af Telegrafdirektoratet, Kbhvn. 1909.

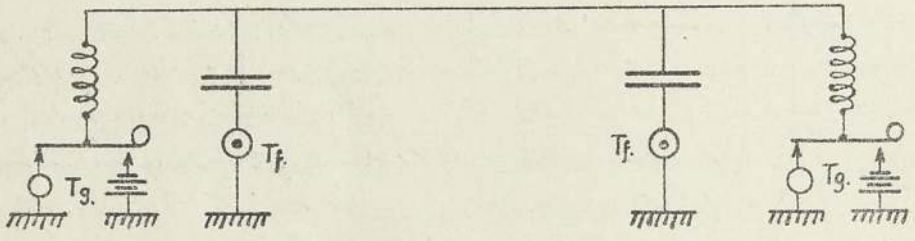
2. Kongl. Telegrafstyrelsens Byggnadsinstruktion. I Linjebyggnad, II Nätbyggnad. Stockholm 1902-1907.

Angaaende Telefon- og Telegrafkablers Konstruktion m. m. henvises til:

Coyle & Howe: Electric Cables. London 1909.
C. Baün: Das elektrische Kabel. Berlin 1910.
C. Stille: Telegraphen- und Fernsprechkabelanlagen. Braunschweig 1911.

Samtidig Telefonering og Telegrafering paa samme Ledning.

Da Telefonen kom frem, havde man allerede et vidt udbredt Telegrafnet, og man begyndte derfor med at indrette Telegrafledningerne til ogsaa at telefonere over. En Metode hertil blev opfundet af Belgieren van Rysselberghe. Princippet er som vist nedenfor: Foran



Telegrafapparaterne indskydes en stor Selvinduktion og foran Telefonapparaterne en Kondensator. Telegrafstrømmen kan da ikke gaa over Telefonen og omvendt, og endvidere vil Telegrafstrømmen vokse jævnt op og ikke give noget Knak i Telefonen. Metoden kan varieres paa mange forskellige Maader, som det ses af Fig. a-b-c.

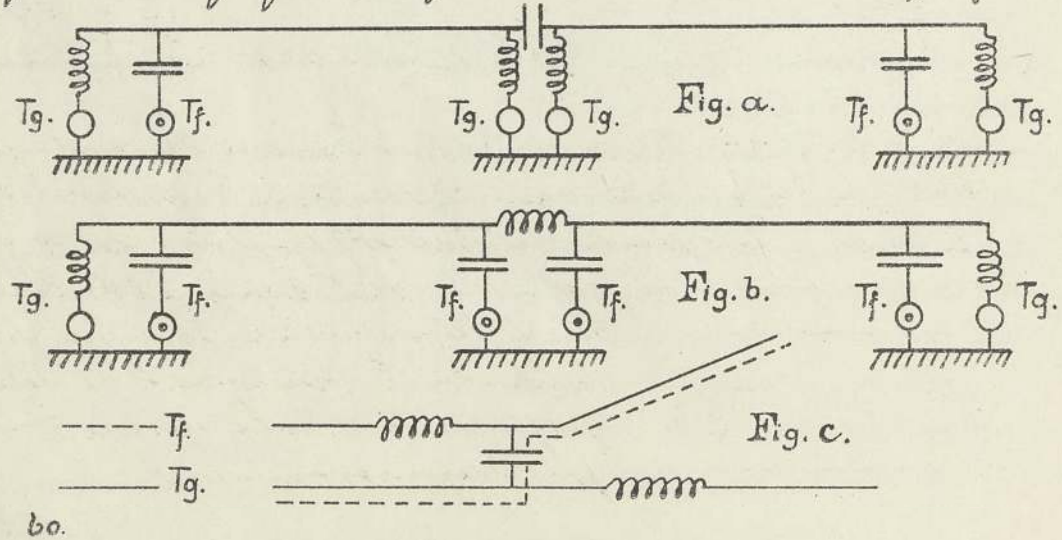


Fig. a: To Telegrafkredsløb og eet Telefonkredsløb.
Fig. b: Et — og to —.
Fig. c: To — og eet —.

Nutildags er det imidlertid Telefonledningerne, der er de langt overvejende, det har derfor langt større Betydning, om man kan benytte disse til at telegrafere over. Dette benyttes bl. a. ved Telefonering over lange Ledninger, f. Eks. herfra til Stockholm. Medens en Telefonsamtale er i Gang, bestiller man da pr. Telegraf over den samme Ledning de følgende Samtaler, saaledes at Abonnenterne i Tide kan kaldes til Telefonen. Herved opnaaes, at Ledningen saaledes benyttes til betalende Samtaler og ikke tildels er optaget af tjenstlige Meddelelser. Endvidere sker der ved Telegrafering ikke saa mange Misforstaaelser med Hensyn til Navne og Tal, som ved Telefonering. Princippet er

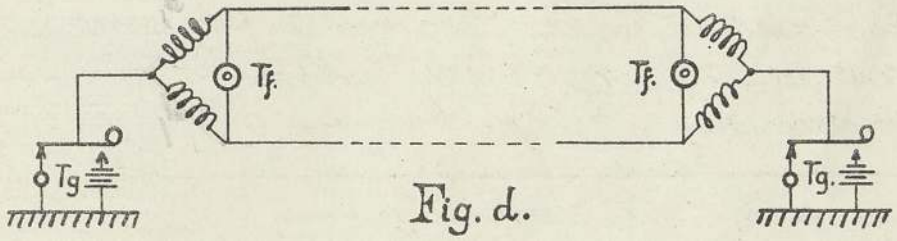


Fig. d.

som vist Fig. d, idet man ved disse store Afstande jo altid benytter Telefondobbeltledning. Den store Selvinduktion i Telegrafkredsløbet gør egentlig ikke noget, men kan godt undgaas som vist Fig. e. De to Halvdele af Selvinduktionen ophæver hinandens Virkning m. H. til Telegrafkredsløbet, men spærrer stadig for Telefonstrømmen.

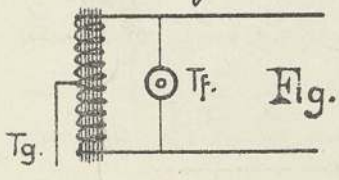
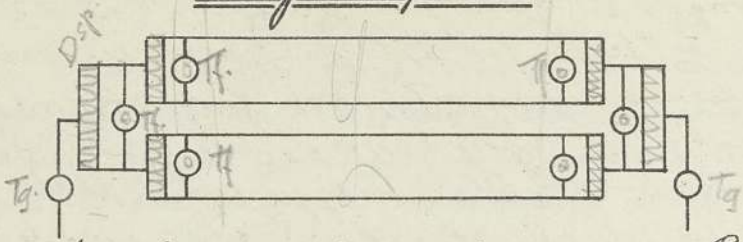


Fig. e.

Telefondüplex.



Denne kan foregaa efter ganske samme Princip som angivet i sidste Tilfalde.

2 Dobbeltledninger give 3 Forbindelser.
4 " " 7 "
8 " " 15 "
n " " 2n÷1 "

Teoretisk set kan man altsaa gaa saa langt det skal være, men i Praksis er man dog kun gaaet op til 8. Betingelsen for Balance er, at Differentialviklernes Modstand og Selvinduktion er ganske den samme i de to Halvdele. De to Halvdele vikles paa en fælles Jernkerne og adskilles fra hinanden ved et isolerende Mellemlag. At de har samme Modstand opnaas da let ved at give dem samme Antal Vindinger, og Balance m. H. t. Selvinduktion opnaas ved, at man efter Opstillingen forskyder

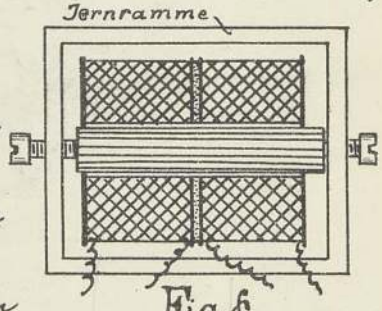
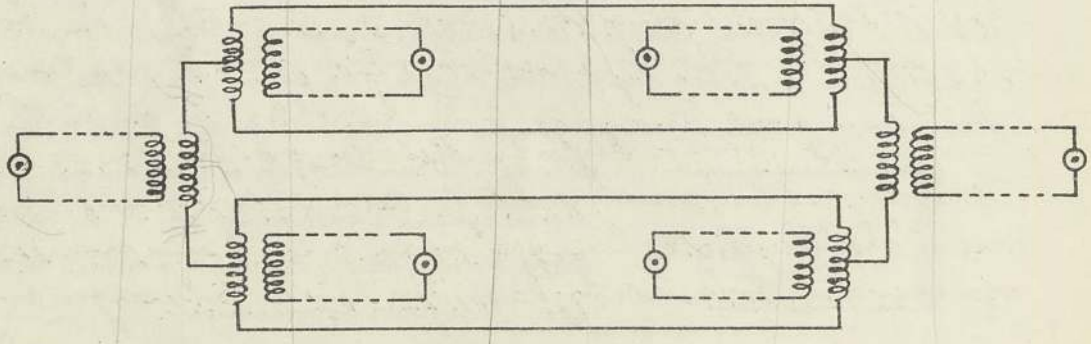


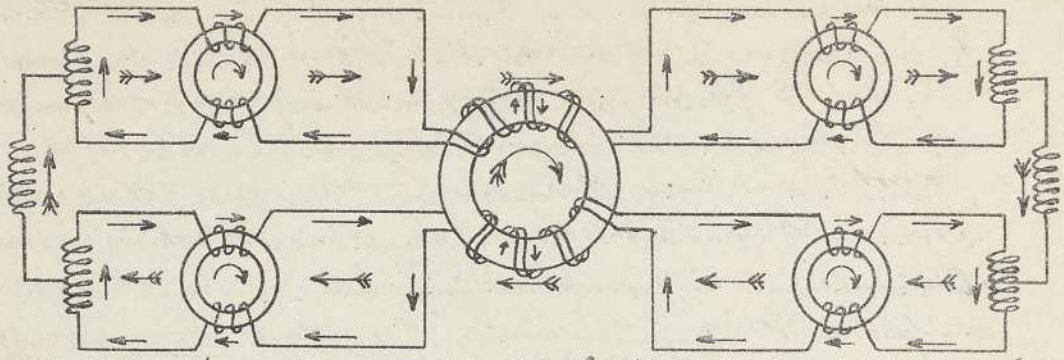
Fig. f.



Jernkernen lidt i sin Længderetning, idet Kernen er anbragt i en ydre Jernramme, saaledes som vist Fig. f. I Stedet for Differentialrullen anvendes til Pupinlederordning ofte Transformatoren (Bl. a. her i Danmark.) Transformatorerne har som Regel Omsætningsforholdet 1:1 og bygges noget større end de almindelige Telefontransformatorer for at opnaa en bedre Virkningsgrad. De bliver da ogsaa noget dyrere, hvilket dog ikke spiller saa stor en Rolle ved disse, i Forvejen kostbare, Ledninger. Da man fører Pupinledningen til Midten af Transformatorerne, vil Induktionsvirkningen i de to Halvdele kompensere hinanden med Hensyn til Pupinledningen. Ledningen maa holdes godt i Orden, og de to Halvdele maa være aldeles symmetriske. I Regnvejr kan man undertiden paa disse Pupinledninger høre Telegrafsignalerne i Telefonen paa Grund af en tilfældig større Afledning paa den ene Ledning end paa den anden. Man kan godt gaa videre endnu med Pupinlederordningen, og Spørgsmaalet er blot, om man kan holde Ledningerne tilstrækkelig konstante.

Pupinlederordningen har den Ulempe, at hvis blot een af de i Systemet indgaaende Dobbeltledninger bliver skadet, saa bliver straks samtlige Pupinforbindelser ubrugelige, og man bør derfor ikke i altfor høj Grad basere sit Net paa Pupinledningen.

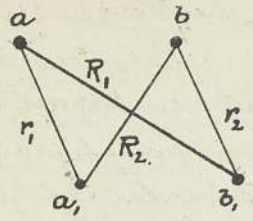
Alle de ovenfor anførte Metoder gælder ogsaa for Kraftkabler med jævnt fordelt Selvinduktion, men ved Pupinledninger maa man endvidere tage visse andre Forholdsregler. For Pupinledningen er den



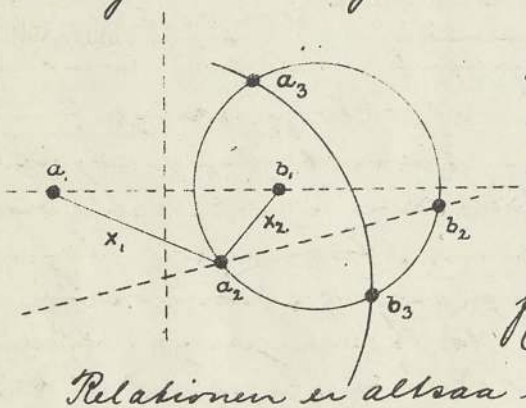
Ohmske Modstand kun det halve af, hvad den er for Stamledningerne. Til Gengæld er for Duplexledningen Kapaciteten noget større og Selvinduktionen noget mindre end for Stamledningen. Resultatet vil dog som Regel være, at Duplexledningen er noget bedre end den ikpupiniserede Stamledning. Dette er dog ikke mere end, at man ogsaa som Regel maa give Duplexledningen nogen Pupinisering, thi det ses, at Stamledningernes Pupinruller ikke virker til at forbedre Duplexledningen, idet de ikke forhøjer dens Selvinduktion, da de to Halvdeles Virkning ophæver hinanden, men tvertimod forringer den lidt ved at gøre dens ohmske Modstand noget større. (I dette Tilfælde dog kun i Hovedsagen Rullernes Jernstrøms modstand). Man maa altsaa undskylde særlige Pupinruller for Duplexledningen, saaledes som vist ovenfor. Det ses af Figuren, at disse Ruller ikke forandrer Stamledningernes Selvinduktion, men blot forøger deres Modstand lidt. Metoden har den Ulempe, at man som Regel allerede ved Bygningen af en Linie med pupiniserede Kabler maa tage Hensyn til en eventuel senere Anvendelse af Dupleks ved at undskylde særlige Dupleks pupinruller, som altsaa indtil da blot gør Skade ved at forøge

Modstanden. Den vil derfor ved Pupinkabler sjeldent være Leilighed til at gaa videre med Duplexanordningen end vist paa ovenstaaende Figur. Paa to Stamledninger kan man ved alle Systemerne foruden Telefonduplexen ogsaa have et Telegrafkredsløb.

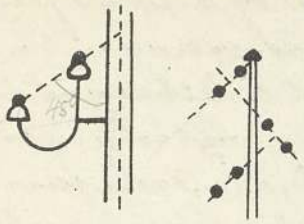
Induktionsfrihed ved Luftlinier. Hvis man f. Eks. fører to Telefonledninger ved Siden af hinanden som vist hosstaaende, vil den ene Ledning til det andet, baade magnetisk og statisk Induktion, og denne kan ikke kompenseres, hvor man har Enkeltledning. Ved Telegrafledningen gør dette dog som Regel ikke saa meget, da Apparaterne her er mindre følsomme og Variationerne udvidere langsommere. Telegrafledningen er derfor næsten altid Enkeltledning. Ved følsomme Apparater og ved Hurtigtelegrafering kan det blive nødvendigt at sørge for Induktionsfrihed. Denne kan kun opnaas ved Dobbeltledninger. For at opnaa fuldstændig Induktionsfrihed er det nødvendigt, at begge Dobbeltledningen er symmetriske hver for sig, da Forholdet ellers bliver som om Dobbeltledningen bestod af en symmetrisk Dobbeltledning parallelt med en Enkeltledning, og man kan da ikke faa den Induktion kompenseret, som svarer til Enkeltledningen. Det er derfor nødvendigt at behandle de to Ledere i Dobbeltledningen absolut ens. Den gensidige Induktion mellem to



Dobbeltledningen ab og $a_1 b_1$ er for Strækningen l givet ved: $M = 2l \cdot \log \frac{R_1 \cdot R_2}{r_1 \cdot r_2}$. M er altsaa Nul for: $R_1 \cdot R_2 = r_1 \cdot r_2$ eller: $\frac{r_1}{R_1} = \frac{R_2}{r_2}$ eller: $\frac{r_1}{R_2} = \frac{R_1}{r_2}$. Sagt med Ord faas altsaa følgende Betingelse: „Afstandene fra hver af Lederne i den ene Dobbeltledning til Lederne i den anden Dobbeltledning skal staa i samme Forhold til hinanden." Dette var nu kun for den magnetiske Induktion. For den statiske Induktion faas: $a_2 b_2$ maa ligge paa en Ækvipotentialflade for $a_1 b_1$ og Ligningen for en saadan vil altid være: $\frac{x_1}{x_2}$ = konstant. Denne Betingelse er opfyldt for en vilkaarlig Cirkel med Centrum paa Linien $a_1 b_1$.

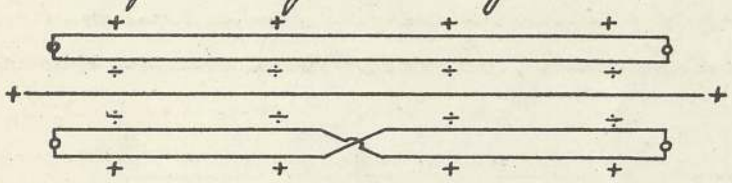


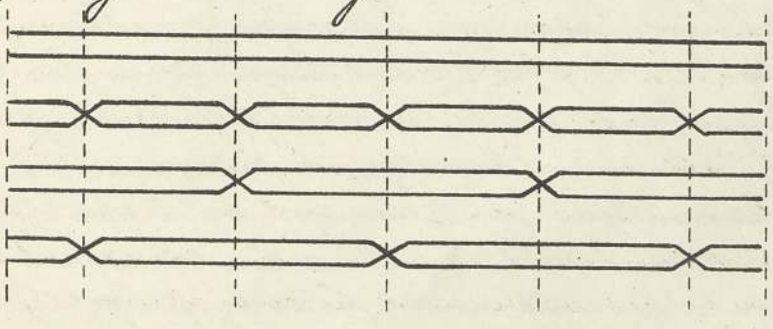
Relationen er altsaa den samme som gælder for den magnetiske Induktion. Endnu en tredie Dobbeltledning $a_3 b_3$ kan man faa induktionsfri i Forhold til de to første paa følgende Maade: $a_3 b_3$ skal ligge paa en Cirkel med Centrum paa Linien $a_2 b_2$ og desuden paa en Cirkel med Centrum paa Linien $a_1 b_1$, altsaa i Skæringspunkterne mellem disse to Cirkler. Har man flere end to Dobbeltledninger, kan man ikke mere opnaa teoretisk Induktionsfrihed. Ovenstaaende er vist af tysk Geheimeprostrat Christiani og herefter har den tyske Reichstelegraf anvendt omstaaende Metode. Det nederste Par vil meget nær ligge paa en af Cirklerne



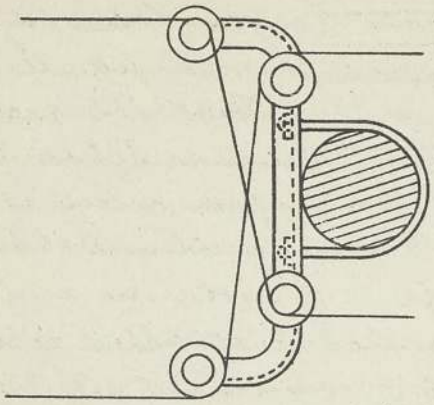
ne for det øverste Par, da Palen bliver lidt tykkere nedefter. Metoden har imidlertid vist sig ikke at være helt god i Praksis. I Almindelighed gaar man derfor frem efter en af følgende to Fremgangsmaader: Krydsning eller Snoning.

Krydsning. Føres f. Eks. en Dobbeltledning ved Siden af en Telegrafenkeltledning, saa lader man de to Ledere i Dobbeltledningen bytte Plads tilstrækkelig mange Gange med lige store Mellemrum, hvorved den forstyrrende Indflydelse ophæves. Metoden er ikke helt rigtig, idet en Del af Udligningsstrømmen jo tager Vejen gennem Telefonapparaterne, men dette er kun en meget ringe Del, da Ledningen jo i Almindelighed er delt i en hel Række Tag, og det er kun en Del af Udligningsstrømmen fra yderste Tag, der gaar gennem Telefonen. Hosstaaende er ekstremelt vis tegnet, hvorledes man kan gaa frem, naar Talen er om flere Dobbeltledninger.



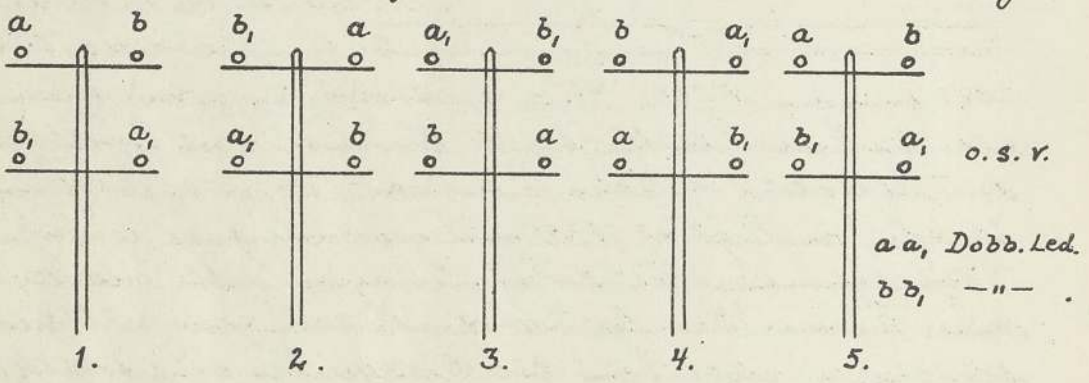


I Krydsningspunkterne anvendes særlige Isolatorstøtter som vist ovenstaaende. Tværarmen, hvorpaa Isolatorerne sidder, bestaar af et Stykke U-Jern, som er fastgjort til Pælen



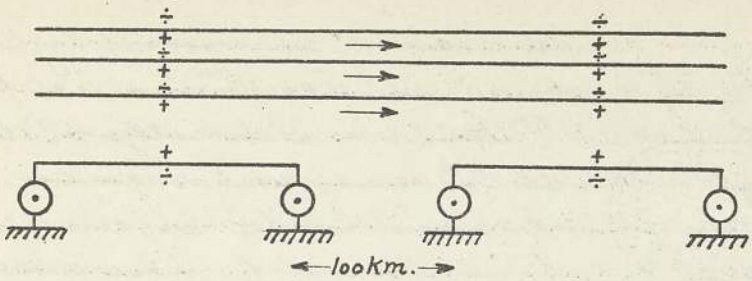
ved Hjælp af et ü-formet Stykke Rundjern. Isolatorerne har to Rille, som vist tidligere. Den ene Ledning anbringes da i øverste Rille, den anden i nederste, hvorved Berøring mellem de to Ledninger undgaas.

Snoning. Ved Snoning gaar man frem som vist nedenstaaende, idet Figurerne viser 5 paa hinanden fol-

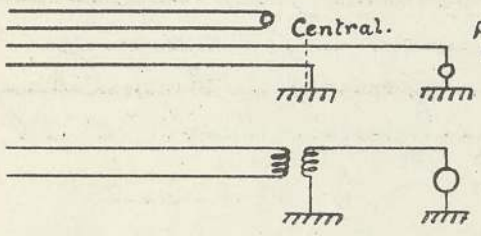


gende Telefonstangen. a-a1 og b-b1 er sammenhørende Dobbeltledninger, og man fører i Almindelighed to Dobbeltledninger frem paa een Gang i en saakaldt „Firsnoning". Føres flere Firsnoninger frem paa de samme Stænger, maa man sno dem forskelligt for at undgaa Induktion mellem Ledningerne i to forskellige Firsnoninger, og dette opnaas lettest ved, at man med bestemte Mellemrum undlader at sno Ledningerne i et eller flere Stangintervaller.

Krydstale kan ogsaa forekomme ved specielle Tilfælde af elektrisk Kobling saaledes som vist nedenstaaende. De øverste Ledninger bestod af svære,



gode Ledere, og man fik da Krydstale mellem de to Telefonkredsløb, men ikke mellem Dobbeltledningerne forøvrigt.



Mellem Centralerne indskydes der kun man altid - eller bør i hvert Fald altid have - Dobbeltledning, men fra Central til Abonnenten paa Landet ofte Enkeltledning. Hvis man da ved den Abonnentforbindelsen som vist øverst, vil den nederste Dobbeltledning ikke mere være symmetrisk og vil derfor virke induçerende paa andre Dobbeltledningen. For at undgaa dette indskyder man da en Transformator saaledes som vist nedenfor, saaledes, at selve Dobbeltledningen virkelig forbliver en Dobbeltledning.

Induktionsfrihed i Kabler. Man lægger af rent mekaniske Grunde sjældent Telefonkabler med mindre end 4 Kobber, undtagen ved meget lange undersøiske Kabler, hvor Spørgsmaalet om Induktionsfrihed ingen Rolle spiller, og hvor man derfor kan anvende Enkeltleder. Efter at have naaet Land med et saadant Enkeltleder-Kabel, føres man da den frie Ende ca. 2 km ud i Søen igen og forbinder saa Kablet med den øvrige Ledning uden Transformator. I undersøiske Kabler anvender man ofte Firsmoningen. For at kunne kende de enkelte Traa-

de i Forbindelsen fra hinanden, anvendte man tidligere 0, 1, 2 og 3 smaa Viklen i Gummiisolationen, men de enkelte Traade kom da ikke til at ligge nøjagtigt i Forhold til hinanden, og man fik derfor ikke fuldstændig Induktionsfrihed.

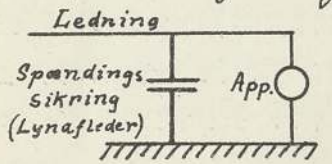
I almindelige papir-luftisolerede Blyrørskabler opnaar man Induktionsfrihed ved at sno de enkelte Lederpar og ved at sno paa hinanden følgende Lag i Kablet i modsatte Retninger.

Angaaende Induktionsfrihed i Pupinkabler henvises til „Telefonledningernes Teori." S. 76.

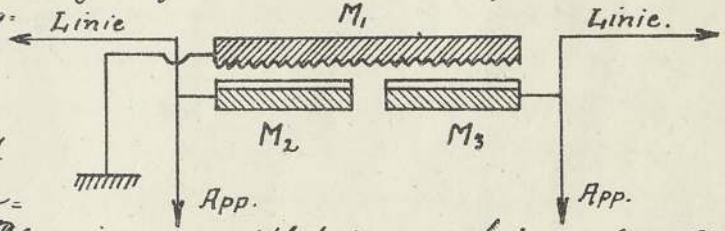
Sikringer.

Der skelnes mellem to Slags Sikringer, Spændingssikringen og Strømsikringen, idet de første skal beskytte Apparaterne mod Overspændinger hidrørende fra atmosfæriske Udladninger eller Berøring med Højspændingsledningen o.l., medens Strømsikringerne skal sikre Apparaterne mod stærk, vedvarende Strøm hidrørende fra Kortslutning, Berøring med Stærkstrømsledningen o.l.

Spændingssikringen. I tidligere Tid udførtes disse næsten altid som en Gnistbane, der blev indskudt mellem Ledningen og Jord (se hosstaaende Figur) og som bestod af to metalliske Elektroder, der bragtes i Nærheden af hinanden.

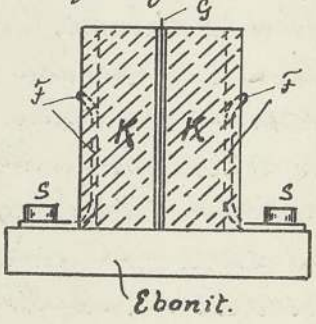


Nedenstaaende er vist en Udførelsesform, som er beregnet for to Ledninger og bestaar af en jordforbundet Messingplade M_1 samt to andre Messingplader M_2 og M_3, der er forbundet med hver sin af de to indkommende Ledninger. Pladerne er riflet i paa hinanden vinkelrette Retninger, idet de herved kan bringes tættere sammen, uden at man saa let risikerer Kontaktdannelse ved Støvpartikler eller lignende, ligesom Gnistspændingen derved formindskes. Til Apparatet hører Metalgrejben, hvorved man enten kan forbinde M_2 og M_3 og derved gennemkoble de to Linier, eller man kan forbinde M_1 med M_2 eller M_3 og derved jordforbinde den tilsvarende Linie. Apparatet er meget dyrt og har desuden den Ulempe, at der et

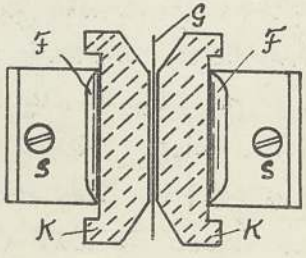


Gennemslag, risikeres man let, at de to Plader smelte sammen. Anvender man derimod enkelte Spidser, risikerer man omvendt, at disse ved Overslag smelter bort, saa Afstanden herved bliver for stor. Ligesom Spændingssikringen anvendes ved Overgang fra Luftledning til Kabel, idet man ellers risikerer, at en Overspændingsbølge slaar igennem Kablets Isolation.

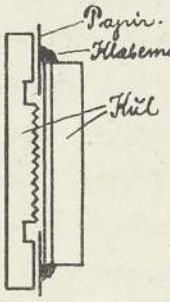
I Bjergegne, hvor atmosfæriske Udladninger er hyppige, benytter man som Lynafleder for Telegrafledningerne ofte to Metalstykker, der er adskilt ved et Silkebaand. Man kan da under Tordenvejr uden Fare forny Sikringen blot ved at trække et nyt Stykke Baand hen mellem Metalelektroderne. Kullynafladeren. Alle de ovennævnte Sikringer er imidlertid ret dyre, og da Telefonen blev almindelig, maatte man derfor finde en billigere Lynafleder, hvis Plader billige var usmeltelige; derved opstod Kullynafladeren. Den almindelige Kullynafleder er vist paa hosstaaende Figur.



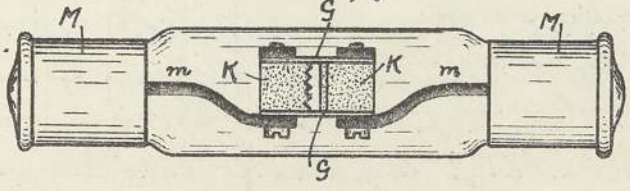
Den bestaar af to Kulplader K, der er anbragt imellem de to Fjedrelameller F og holdes adskilt ved en Lynd, gennemhullet Glimmerplade G eller ved Glimmerstrimler ell. lign. Kulstykkerne kan f. Eks. være adskilt ved en smal Glimmerstrimmel langs de tre Rande, man bør da vende Kulstykkerne saaledes, at den fjerde Rand vender nedefter, for at der ikke skal falde Støv ned 77.



mellem dem. De mod hinanden vendende Kulflader er gauske plane og glatte for at undgaa tilfældig Berøring. Den ene Tjedelaniel er forbundet til Ledningen og den anden er jordforbundet. Ved disse Kullynafledere kniber det med Følsomheden, idet man ikke kan bringe Elektroderne for tæt til hinanden for ikke at faa for uvirksom Virkemaade. For at opnaa en lidt større Følsomhed har man derfor bl. a. brugt en Form med riflede Elektroden som vist hosstaaende, hvorved man kunde komme ned paa en Elektrodeafstand af ca. 1/30 mm, men der sker dog ikke Overslag førend ved 3-400 Volt. Nutildags anvendes oftest Vacuumlynafledere med riflede Kulelektroden baade til Telegraf- og Telefonledningen, og man kan med disse komme ned paa en Gennemslagsspænding af ca. 300 Volt. Denne er dog noget variabel, idet et Gennemslag kan bevirke, at Trykket enten stiger eller synker, hvorved Gnistspændingen varierer. Under Radiotelegrafi er omtalt, at selv ved at indeslutte Elektroderne i Vacuum kan Gnistspændingen ved atmosfærisk Luft ikke komme ned under 350 Volt ved plane Elektroden.



Fordelen ved Vacuumsikringerne er, at man kan gøre Elektrodeafstanden noget større, hvorved Faren for Kontaktdannelse ved Støv formindskes, og der kan helle ikke komme fremmede Støvpartikler ind mellem Kulelektroderne. Apparatet er vist paa hosstaaende Fig. Kullene er indeslutte de i et Glasrør med Metalhatter M for Enderne. Kulstykker



ne K er anbragt mellem to Glimmerplader G og fast-spandt i ledende Forbindelse med Metalstangerne m, der atter er fastgjort til Metalhatterne. Lynafleder en anbringes i to Kontaktbøjler, der griber om Hatterne eller mellem to Fjederlameller, der har Fordybningen eller Hullet svarende til Knopperne paa Enden af Metalhatterne. (Se Fig. f. Side 77.). Sl. Nordiske anvender Platinelektroder, der maaske nok er noget mere konstante i deres Virkemaade. Ved de store undersøiske Telegrafkabler anvendes ofte ret komplicerede og dyre Sikringsanlæg af forskellig Konstruktion. Princippet er oftest det, at Ledningen føres gennem en Traad med tynd Silkeomspinding, som er viklet op om en jordforbundet Metalcylinder, og endvidere er der indskudt forskellige Spids- og Pladelynafledere, idet en hurtig og skarp Bølge ofte slaar over paa forholdsvis stor Afstand, hvis den blot her er en tilfældig, stor Forionisation.

Strømsikringen.

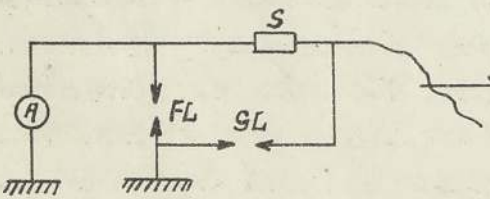


Fig. 1.

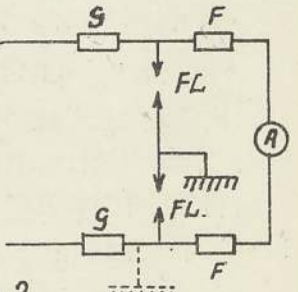


Fig. 2.

Stærkstrøm.

For at beskytte mod for stærke Strømme ved Berøring med Stærkstrømsledningen anvendes alm. Smeltesikringen, der indskydes som vist ved S. Fig. 1 eller G Fig. 2, og som gaar ved 2-3 Amp. Hvis Spændingssikringen ikke virker og Apparatmodstanden er stor, saa er Strømmen maaske ikke stor nok til at smelte Sikringen, men dog stor nok til at ødelægge Apparatet, hvis den faar

lov til at gaa i længere Tid. Man undskylder derfor ofte særlige Finsikringen som vist paa Fig. 2. Disse skal smelte for en vedvarende Strøm paa 1/2 - 1/4 Amp., men skal have en vis Træghed. Er Apparatet ikke jordforbundet, saaledes som vist paa Fig. 2, og Spændingssikringerne ikke virker, vil der kun gaa Strøm hengennem, hvis der findes en Afledning og Finsikringen (F) vil da afbryde, hvis Strømmen er for stærk. Derimod vil den i selve Ledningen gaa en Strøm, hvis der sker Udladning gennem Lynafleder en, og denne Strøm afbrydes da ved at Grovsikringen smelter. Hidrører Udladningen fra et Tordenvejr, vilde Ledningen altsaa ønske det følgende Sted ganske uden Forbindelse med Jord, man bør derfor som vist paa Fig. 1 undskylde en særlig Grovlynafleder, GL, af meget simpel Konstruktion. Man kunde tænke sig at flytte Finsikringen hen paa Grovsikringens Plads og derved helt spare denne, og dette benytter man ogsaa ofte, men man faar derved den Ulempe, at Ledningen afbrydes lidt vel hyppigt.

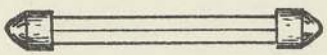


Fig. a.

Grovsikringen bestaar, som vist paa nedenstaaende Fig. a, af et Glasrør, hvori er anbragt en tynd Metaltraad. Røret er for Enderne forsynet med Metalhætter, hvortil Traaden er fastloddet. Sikringen anbringes mellem to Fjedertameller, idet disse er forsynet med et Hul, hvori Metalhættens tilspidsede Ende anbringes. (Se Fig. f. Side 77.)

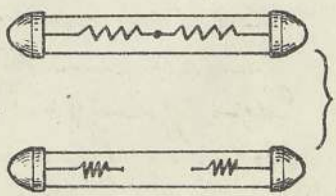


Fig. b.

En Form af Finsikringen, den saakaldte Bozesikring, er konstrueret

paa lignende Maade som Prøvesikringen, men Smeltetraaden bestaar som vist paa Fig. b af to spiralsnoede Traade, der er loddet sammen ved Hjælp af Woods Legering eller en anden letsmeltelig Legering. Naar Strømmen bliver for stærk, vil Legeringen smelte, og Spiralfjedrene derved trække sig fra hinanden. Sikringen har den Fordel, at den afbryder meget hurtigt, hvorved undgaas Buedannelse hidrørende fra de ofte ret store Selvinduktionen i Kredsløbet. I Stedet for Rørsikringen anvendes ogsaa ofte Sikringsrøller, konstrueret som vist paa hosstaaende Fig. c. Denne bestaar af en lille Metalstift m, indskrevet i Fiberstykket M. Omkring m er anbragt en Traadrulle t saaledes, at dens ene Ende er forbundet til Metalkærnen m og den anden Ende til Messingskruen S. Til Enden af Metalkærnen er med Woods Legering fastloddet en Forlængelse f med en Indskæring, hvori Fjederlamellen F er anbragt. Naar Strømmen bliver for stærk, vil Metalkærnen og Loddestedet opvarmes saa stærkt, at Legeringen smelter, hvorved F bryder Forbindelsen. Genindkoblingen af saadanne Rullesikringer kan gøres automatisk ved en Udførelsesform som vist paa Figur d. Stjernehjulet er fastgjort paa en Akse,

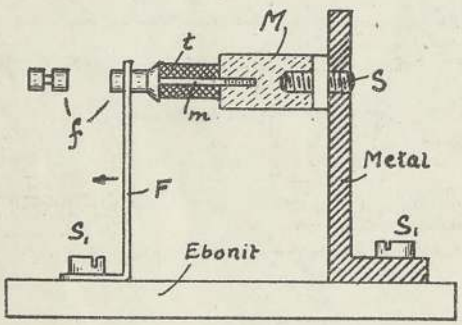


Fig. c.

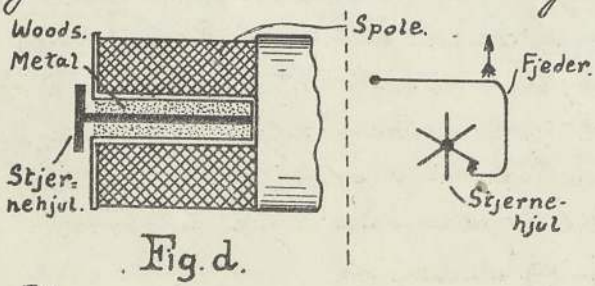


Fig. d.

den er smeltet fast i Woods Legering. Mod Hjulet trykker en Fjeder i den ved Pilen viste Retning, og Strømmen passerer gennem Fjeder og Stjernehjul. Naar Legeringen smelter, vil Fjederen dreje Hjulet en Tand og derved skjære Forbindelsen med dette, men naar Legeringen atter er størknet, kan man da trykke Fjederens Ende under den næste Tand paa Hjulet. Forsaavidt er endelig vist et fuldstændigt Spændings- og Strømsikringsanlæg. Overlynafledernes GL kan dannes af en tilspidset Metalstrøm eller Metallamel, der udgaar fra Linieklemmestykket og hen imod Vacuumlynafledernes Jordskinne.

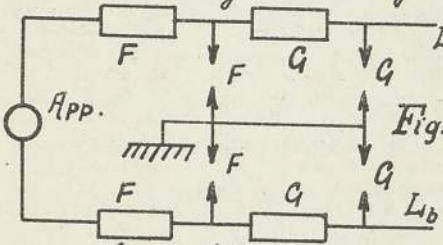


Fig. e.

Underjordiske Kabler, hvor Berøring med Stærkstrømsledninger er undgaaet, maa dog have Smeltesikringer med Hensyn til eventuelle Kortslutninger af Batterier.

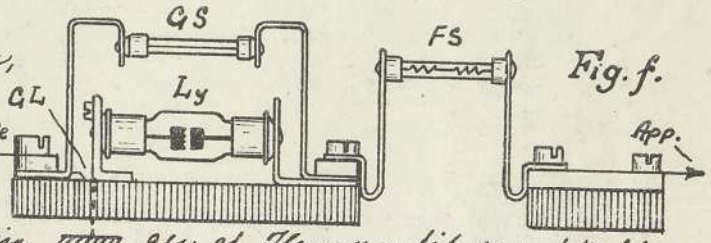


Fig. f.

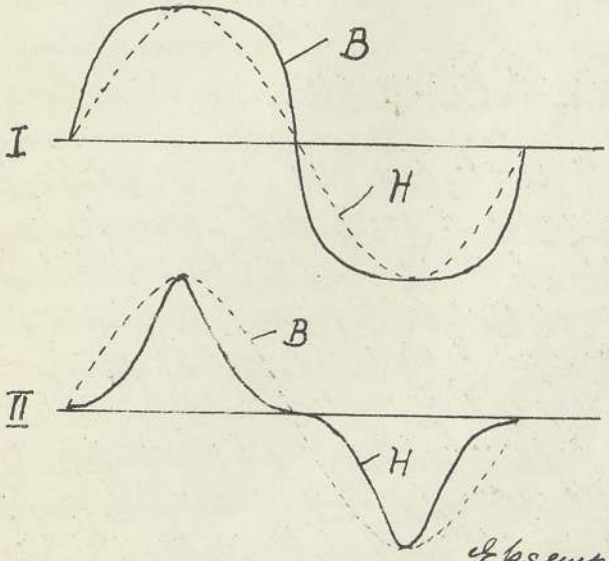
— Jordledningen. Tilvejebringelsen af Jordforbindelsen ved Telegraf- og Telefonanlæg sker i Byer med Vandvorksanlæg som Regel ved at lodde Jordledningen til et Vandrør, og man opnaar herved sædvanligvis en tilfredsstillende Jordforbindelse. I andre Tilfælde anvendes en Jordplade (galvaniseret Jernplade) der graves ned i Grundvandet eller hænges ned i Vandet i en Brønd. Det er af Betydning, at Lynafledernes Jordledninger er saa korte som muligt og saa direkte som muligt føren til selve Jordforbindelsen, (Jordpladen), da pludselige Spændingsstød ellers vil have en Tilbøjelighed til at søge andre Veje til Jord.

Jernets magnetiske Forhold.

(Figurhenvisninger refererer sig til Plan a)

Permeabiliteten μ, der er defineret ved Ligningen $B = \mu \cdot H$, er ikke nogen egentlig fysisk Konstant, idet den, naar Jernet gennemløber en magnetisk Kredsproces, varierer mellem Grænserne $+\infty$ og $-\infty$. Af Fig. 2. ses, at i Hysteresesløjfens Skæringspunkter med Abscisseaksen har man $\mu = 0$, og i Skæringspunktet med den positive Ordinataksе $\mu = +\infty$ og i Skæringspunktet med den negative Ordinataksе $\mu = -\infty$. Den til $H = 0$ svarende Induktion kaldes Remanensen, og den til $B = 0$ svarende magnetiserende Kraft kaldes Koercitivkraften. For hver Værdi af H har μ to forskellige Værdier, een for den opstigendes og een for den nedstigende Gren af Sløjfen. Som Regel angives imidlertid μ svarende til den første, fra Nulpunktet opstigende Gren. I Stærkstrømsteknikken er det en vis Middelværdi af denne almindelige Permeabilitet, der spiller en Rolle, medens det indenfor Svagstrømsteknikken i de fleste Tilfælde vil være den paa Fig. 1. definerede differentiale og reversible Permeabilitet, der har Interesse. Dette vil saaledes være Tilfældet overalt, hvor Jernet er udsat for svage vekselvise magnetiske Kræfter, der snart virker svækkende, snart forstærkende paa den i Forvejen eksisterende Magnetiseringsintensitet. (Polariseret Relais, Telefon o. s. v.). Jernets Tilstand vil oprindelig være givet ved et eller andet Punkt i Hysteresesløjfen og de Tilstandsforandringer, som forårsages af de magnetiske Kræfter, vil da være karakteriseret ved smaa, lukkede Sløjfer, som vist skraveret paa Fig 2. Da Kræfterne i Almindelighed er smaa og kun bevirker relativ smaa Forandringer i Størrelsen af H, vil Processen forløbe omtrent reversibel saaledes, at Sløjfens to Grene falder omtrent sammen, og det ses heraf, at Hysteresetabet i Almindelighed ikke spiller nogen stor Rolle

indenfor Svagstrømsteknikken. Skjæringens Areal vil først begynde at vokse stærkt, naar Variationerne er saa store, at H skifter Fortegn. Af Tegningens Udvidelse, at μ_r i Almindelighed er mange Gange mindre end μ_d og μ_d og varierer langt mindre med H og B end denne. Magnetiseringskonstanten K, der er defineret paa Fig. 1., kaldes ogsaa undertiden for Susceptibiliteten. Medens saaledes Hysteresetabet er af mindre Betydning, maa man til Gengæld ofte regne med store Hvirvelstrømstab paa Grund af de høje Frekvenser, der anvendes indenfor Svagstrømsteknikken (indenfor Telefonien regnes i Alm. med $\omega = 5000$), idet Hvirvelstrømstabet vokser med Kvadratet paa Frekvensen. Man benytter derfor til Jernkerner o. l. Lamellering helt ned til 0,05 mm Blik og endvidere anvender man forskellige legerede Jernarter med stor Modstandsfylde. Naar H varierer sinusformet, vil $\frac{1}{2}$ ikke varierer sinusformet, men der vil fremkomme Overtoner, hvis Indflydelse vokser stærkt med voksende H.



Nedenstaaende Figur I viser, hvorledes B ændres, naar H varierer sinusformet, og II viser, hvorledes H skal variere for at B skal vor sinusformet.

Eksempelvis her man:

H	$B_{\overline{I}}$	$B_{\overline{III}}$	$B_{\overline{V}}$	$B_{\overline{VII}}$	$B_{\overline{IX}}$	$B_{\overline{XI}}$
varierende mellem $\pm 1,5$	1600	180	25	"	"	"
" " $\pm 2,0$	2800	440	100	35	"	"
" " $\pm 9,6$	13700	2900	1200	630	340	230
" " $\pm 16,0$	16600	3900	1800	940	800	640

Dette har man blandt andet benyttet til at frembringe Vekselstrøm med det 3- 5- 7 o.s.v. dobbelte Periodetal.

Afmagnetisering. Naar en Stangmagnet magnetiseres, vil dette paa Grund af Skabes fri Magnetisme, som vil modvirke den magnetiserende Kraft. Forudsat, at der kun findes fri Magnetisme paa Endefladerne og at Permeabiliteten er konstant, vil den afmagnetiserende Kraft være proportional med J. I alle Tilfælde kan man tilnærmelsesvis regne med dette og man sætter da den afmagnetiserende Kraft lig med $N_i \cdot J$, hvor N_i kaldes Afmagnetiseringskonstanten.

Pl. a. Fig 5. For en Ring som vist med en magnetiserende Kraft H_0 pr. cm. paas, idet Induktionen er lig med den magnetiserende Kraft dividered med den magnetiske Modstand.

$$B = \frac{l \cdot H_0}{l \cdot \frac{1}{\mu} + \Delta l} = \frac{H_0}{\frac{1}{\mu} + \frac{\Delta l}{l}} = \mu_0 \cdot H_0, \text{ hvorfor } \mu_0 = \frac{1}{\frac{1}{\mu} + \frac{\Delta l}{l}} \text{ og altsaa } N_i = \frac{\Delta l}{l}$$

Dette er forudsat, at der ingen Spredning finder Sted.

Permanente Magneter.

Til saadanne maa man benytte en Stalsort med stor Koercitivkraft. Koercitivkraften er den magnetiserende Kraft, der er nødvendig for at gøre Materialet magnetisk efter at det een Gang er blevet mættet med Magnetisme, og den giver altsaa et Maal for Magnetens Evne til at modstaa ydre magnetiske Paavirkninger. Det almindeligst benyttede Materiale til permanente Magneter er Wolframstaal med 5- 8 % Wolfram og hærdet paa passende Maade. En permanent Magnet vil i Almindelighed svækkes ved ydre magnetiske Paavirkninger, Temperaturvariationer, Rystelser o. l., og da det gælder om, at Magneten holder sin Magnetisering uforandret, pleier man at modvirke disse Svækkelser ved at „mættе" den, hvilket bestaar i at udsætte den for saa kraftige Paavirkninger af ovennævnte Arter, at den senere under Brugen ikke udsættes for større, idet det her vist sig, at den tilbageblivende Magnetisme da vil bevares meget konstant. Paa Fig. 7 er vist et Stykke af Magnetiserings-

kurven for en eller anden Staalsort. Danner man nu heraf en permanent Magnet med Afmagnetiseringskonstanten N_b, vil Afmagnetiseringen vore givet ved Linien OA ifølge Ligningen $H + N_b \cdot B = 0$. Efter Magnetiseringen vil Magneten altsaa vore i en Tilstand, der er bestemt ved Punktet Q_1 og den dertil svarende Induktion OB_1 kaldes Permanensen. I denne Tilstand vil Magneten vise ydre følsom overfor ydre magnetiske Paavirkninger og for at undgaa dette, paavirker man den med en Kraft $H_1 H_2$, hvorved den bringes i Tilstanden bestemt ved Q_2. Naar derpaa Magneten overlades til sig selv, vil den ikke gaa tilbage til Tilstanden Q_1, men derimod til en Tilstand bestemt ved Punktet S_2 ifølge det tidligere anførte om den reversible Permeabilitet. Herved er altsaa Permanensen blevet formindsket til OB_2, men samtidig er Magneten blevet modstandsdygtig overfor magnetiske Kræfter, der ikke overstiger Værdien $H_1 H_2$, idet Processen indenfor dette Interval vil forløbe reversibelt efter Kurven $Q_2 S_2$, der kan regnes for at vore en ret Linie, naar Forandringerne ikke er altfor store. Endnu større vilde Modstandsevnen blive, hvis man først bragte Magneten i Tilstanden Q_3 og derpaa overlod den til sig selv. Jo større den reversible Permeabilitet er, desto mindre formindskes Permanensen ved denne delvise Afmagnetisering, og desto mere forandres Induktionen ved en ydre Paavirkning. For at modvirke Temperaturvariationernes Indflydelse, udsætter man inden Brugen Magneterne for gentagne Opvarmninger og Afkølinger og endelig kan man eventuelt udsætte dem for Rystelser og Slag. Jo kortere Magneten er, desto større vil Afmagnetiseringskonstanten vore og desto mere vil Linien OA's Hældning mod Abscisseaksen aftage. Heraf følger, at man for korte Magneter bør vælge haarde Staalsorter med stor Koercitivkraft for ikke at faa for lille Permanens, medens man til lange Magneter kan vælge blødere Staalsorter med mindre Koercitivkraft og større Remanens. Ligeledes bør man til Magneter, der udsættes for stærke ydre Paavirkninger benytte et Materiale med stor Koercitivkraft. Paa Fig 6 er vist, hvorledes man kan konstruere sig til Permanensen, naar

Afmagnetiserings konstanten kendes. (Paa figuren er fejlagtigt skrevet Magnetiserings konstanten). Metoden fremgaar iøvrigt af det viste Eksempel. (Angaaende yderligere Oplysninger om Jernets og Jernlegeringers magnetiske Forhold henvises til A. W. Meske: De magnetiske Egenskaber ved Jern og Staal. 1918).

Literatur:

Ekström, A: Modern Telefonteknik. (177 S.) Stockholm. 1903.
Hersen, C und Hartz: Die Fernsprechtechnik der Gegenwart. (686 S.) Braunschweig. 1910.
Holmboe, Th. og Tengs: Haandbok i Telefoni. (239 S.) Kristiania. 1916.
Hopkins, W. J.: The Telephone. . . . (83 S.) New York. 1898.
Jansky, C. M. and Faber: Principles of the Telephone. (160 S.) New York 1916.
Kingsbury, J. E.: The Telephone and Telephone Exchanges. (558 S.) London. 1915.
Mc Meen, S. G. and Kempster Miller: Telephony. (960 S.) New York.
Milon, M: Cours d'Installations Téléphoniques. (362 S.) Paris. 1913.
Poole, J: Telephone Handbook. (533 S.) London 1906.
Shepardson, G. D: Telephone Apparatus. (337 S.) New York 1917.
Thiess, J. B. and Joy: Toll Telephone Practice. (418 S.) London 1917.
Turpain, A: Téléphonie. . . . . (186 S.) Paris 1910.
Wietlisbach, V: Handbuch der Telephonie. (468 S.) Leipzig. 1910.

Maalinger ved Vekselstrøm.

Apparater til Maaling af Vekselstrømsstørrelser er ikke saa fuldmyrkende som Maaleapparaterne til Jævnstrøm. Dette skyldes bl. a. fra, at man ved Vekselstrøm ikke kan benytte Jern og polariserede Instrumenter. Man maa derfor benytte Instrumenter, der viser Kvadratet paa Strømmen eller Spændingen og er baseret paa Opvarmning af en Maaletraad eller lignende. Disse Instrumenter bliver følgelig ikke anvendelige ved meget smaa Effekter saaledes, som de ofte forekommer i Svagstrømsteknikken - ned til 10^{-10} Watt - idet, naar Strømmene bliver saa smaa, saa bliver Kvadratet paa dem endnu mindre. Endvidere er der ofte Vanskelighed ogsaa ved at maale store højfrekvente Strømme; thi de almindelige Maaleapparater er baseret paa, at Strømmen fordeler sig paa flere Traade (Shunter) efter Modstanden i disse, hvorfor Udslaget er proportionalt med Strømmen i en enkelt af disse. Disse Forudsætninger er imidlertid ikke opfyldt for højfrekvente Strømmes Vedkommende, idet disse udelukkende fordeler sig efter Impedansen i de forskellige Traade. Man maa da sørge for, at Strømmene fordeler sig ligeligt over Shunterne ved at bygge disse paa passende Maade og navnlig ved at anbringe dem symmetrisk. (Hartmann og Braun's Varmetraadsinstrument til højfrekvente Strømme. Se Prof. Abs. Larsens Forelæsninger). Saadanne Apparater kan byggges saaledes, at de viser rigtigt selv for meget høje Frekvenser og bygges til en Strøm på 1000 Amp. Større Vanskelighed volder Maalingen af meget svage Strømme. Det forskrevne Instrument hertil er Duddells Thermogalvanometer.

Dettes Indretning er vist skematisk paa Fig. 1. Mellem

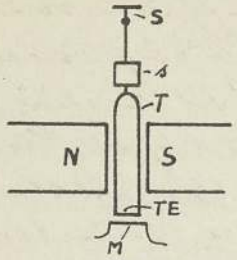


Fig.1.

Polerne af en kraftig permanent Magnet er ophængt en Bøjle T af tynd Sølvtraad. Bøjlen er forneden forbundet med et Termoelement TE (Bi–Sb), hvorunder er anbragt en Modstandstraad M af 4–5 Ω/m Længde, og hvorigennem Strømmen, som skal maales, sendes. Ophængningstraaden er af Kvarts paa Grund af dettes ringe elastiske Eftervirkning, og til Traaden er fastgjort Spejlet s. Skruen S tjener til Findstilling. Det kan vist sig, at en enkelt Bøjle giver størst Følsomhed, idet det først og fremmest kommer an paa stor Lethed af det bevægelige System. Varmeudviklingen i M er proportional med I^2 og Udslaget proportionalt med Temperaturen, altsaa Udslaget proportionalt med I^2.

Apparatet kan give 1 m/m Udslag med 1 m. Skalaafstand for $5 \cdot 10^{-8}$ Watt. (Det er i Stand til at opfatte en Effekt, der er endnu ca. 500 Gange mindre.) Apparatet kan jüsteres ved Jævnstrøm, da det er praktisk talt uden Selvinduktion og Kapacitet. Strømfølsomheden er proportional med Modstanden i M, der derfor bygges med op til 5–10000 Ohm. Denne store Modstand fjaa saa kort en Strækning opnaas ved Hjælp af platineret Kvartstraad.

Galvanometret bygges ogsaa som transportabelt Instrument, som vist paa Fig. 2. Ophængningen i en Kvartstraad er her erstattet med Ophængning paa Pivot, men Instrumentet maa dog stilles omhyggeligt vandret.

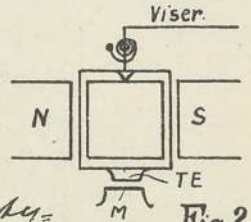


Fig.2.

Følsomheden for dette Instrument er betydelig mindre, nemlig 1 m/m Udslag for $1 \cdot 10^{-4}$ Watt. Større Modstande til dette Instrument bygges ofte af et platineret Sluminblad som vist paa Fig. 3. For at afpasse



Fig. 3.

Modstanden er da Platinet skrabet af som vist, hvorved Strømmen faar en længere Vej at passere.

Bolometret er et andet Apparat til Maaling af svage Vekselstrømme. Hertil benyttes tynde Platintraade med til 1/1000 m/m i Diameter eller Guldtraade ned til 5/1000 m/m. Disse fremstilles efter Wollastons Princip ved at omgive en Platincore med en Sølvskappe, dernæst udvalse og trække denne kombinerede Traad, hvorefter man fjerner Sølvet ved Hjælp af Salpetersyre. Den karakteristiske Egenskab ved disse tynde Traade er, at Modstanden i denne ændrer sig med Maalestrømmen, som vist paa Fig. 4. Karakteristikken begynder med Nulmodstanden R_0 og staar i dette Punkt ⊥ R-Aksen. Karakteristikken ender i et Punkt A, hvor Traaden paa et eller andet Sted er bleven saa varm, at den smelter. Denne Karakteristik kan daarligt maales med en Wheatstones Bro, thi ved at variere en af Bromodstandene, varierer man tillige Strømmen og altsaa ogsaa Modstanden i Bolometertraaden. Man benytter derfor en Opstilling som vist paa Fig. 5.

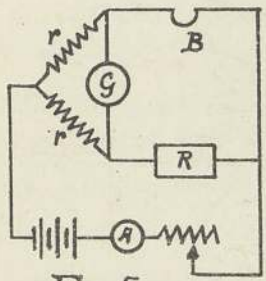


Fig. 4.

Fig. 5.

Man giver R en bestemt Værdi større end Traadens Nulmodstand og indstiller Strømmen indtil G viser Nul. B har da en Modstand = R for det halve af den paa A aflæste Strøm. Bolometertraadene monteres som vist paa Fig. 6. E er et gennemhullet Ebonitstykke, hvortil

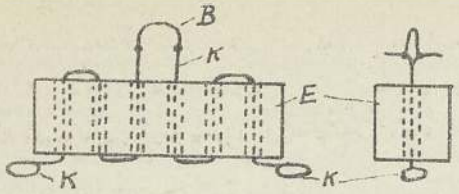


Fig. 6.

er fastgjort Kobbertraaden K og til disse en raa fastloddet et Stykke Wollastontraad, som derefter i Salpetersyre befries for Sölvet. Man maa her passe paa, at ikke Overfladespændingen ödelegger Platincoren. Ved Maaling med Bolometret benyttes en Opstilling som vist paa Fig. 7. Inden Vekselstrøm-

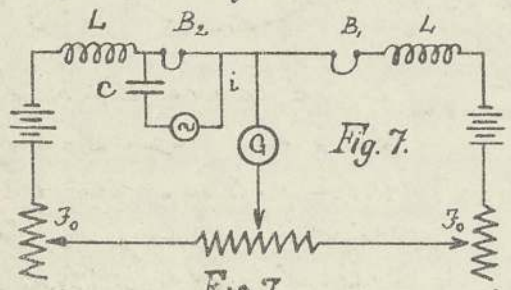


Fig. 7.

effekten sættes til, kan man en almindelig Wheatstones Bro, hvor man paa sædvanlig Maade bringer Balance til-veje (Strøm J_0). Derefter sendes Vekselstrømmen gennem B_2, hvorved Balancen forstyrres, idet B_2's Modstand forandres. C sparrer for J_0 og L for Vekselstrømmen i. i maa sættes gradvis til gennem en Modstand for at undgaa, at C's Ladestrøm brænder B_1 eller B_2 over. I B_2 vil der nu være en Modstand svarende til Strømmen $J = \sqrt{J_0^2 + i^2}$. Bolometrets Justering er ret vanskelig, men kan foretages med et Dobbeltgalvanometer, naar et saadant haves, eller ogsaa med en kommuteret Jævnstrøm, der da kan maales inden Kommuteringen med Jævnstrøminstrument. Interferensmaaling. Skal man maale en Vekselstrøm med en Kurveform som vist paa Fig. 8 og med et saa höjt Periodetal, at Modtagerapparatet ikke paavirkes, eller, hvis man benytter en Telefon, at Øret ikke kan opfange det, kan man sammensætte Strømmen J med en Maalestrøm J_0

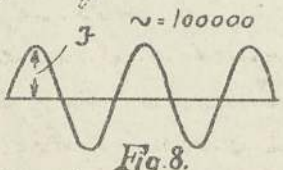


Fig. 8.

(Fig. 9), hvis Periodetal er lidt anderledes. Den sammen-

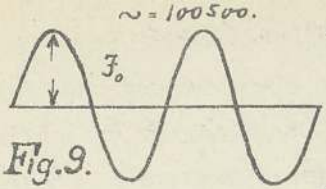


Fig. 9.

salte Strøm vil da have en Kurveform som vist paa Fig. 10 med variabel Amplitude. Hvis Modtageapparatet nu f. Eks. viser Kvadratet paa Strømmen, vil Paavirkningen fra den sammensatte Strøm være givet ved en Kurve som vist Fig. 11, hvis Periodetal er Differensen mellem Periodetallene for J og J_0.

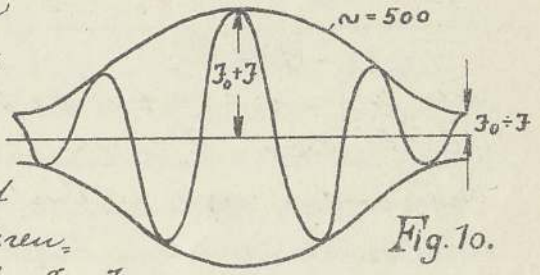


Fig. 10.

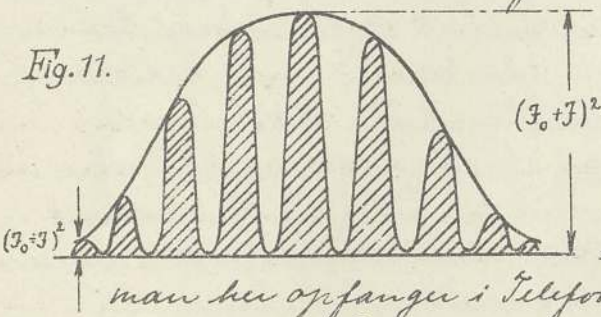


Fig. 11.

Ved at variere Periodetallet for J_0 kan man da i Apparatet opfange mere eller mindre udprægede „Stød". Dette benyttes i Radiotelegrafien, idet den Lyd, man her opfanger i Telefonen, i Virkeligheden fremkommer som en Differenssvingning mellem to høj frekvente Svingninger med f. Eks. de Fig. 8 og Fig. 9 paaskrevne Periodetal. Progressen af Maleapparatets Paavirkning er givet ved Differensen:

$$(J_0+J)^2-(J_0-J)^2 = J_0^2+2J_0\cdot J+J^2-J_0^2+2J_0\cdot J-J^2 = 4\cdot J\cdot J_0,$$

og er altsaa proportional med Amplituden af Ekstrasvingningen.

<u>Maaling af Selvinduktionen o. l.</u> <u>1.</u> Sammenligning af to gensidige Induktioner. Man kan ikke bygge en variabel Selvinduktion paa samme Maade som f. Eks. en Potentiostat eller en kontinuerlig variabel Modstand, thi ved at indskyde flere Afdelinger i Selvinduktionen vil disse indvirke paa hinanden, saa man som Resultat ikke faar Summen af de enkelte Afdelingers Selvinduktion. Dette kan man derimod gøre med en gensidig Induktion som an-

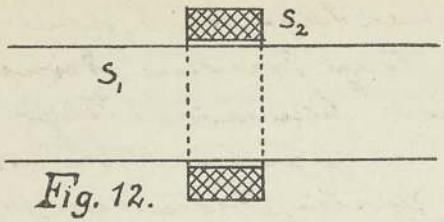


Fig. 12.

tydet paa Fig. 12. Naar Spolen S_1 er saa lang, at alle de herfra hidrørende Kraftlinier kan antages at omslutte Spolen S_2, kan denne sidste være delt i flere Afdelingen, som er ført til Knoppen paa en Kontaktarm som paa en almindelig Drejeelostat, idet man her uden videre kan addere de enkelte Afdelingen. Maaling af den ubekendte gensidige Induktion x ved Hjælp af Normalen N sker da blot efter Skemaet Fig. 13, og da Maalingen er omtrent uafhængig af Periodetallet, kan man opnaa nøiagtig absolut Tavshed i Telefonen.

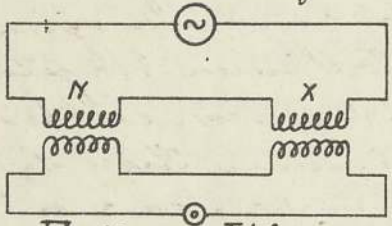


Fig. 13.

2. Maaling af Selvinduktion med variabel gensidig Induktion. Hertil benyttes en Opstilling som vist paa Fig. 14. Naar Telefonen er tavs, har man her:

$i_1(r_1 + j\omega(L_x + L_1)) = i_2(r_2 + j\omega L_2) + j(i_1 + i_2)\omega \cdot M$ og

$i_1 \cdot r_3 = i_2 \cdot r_4$. Ved at bortelliminere i_1 mellem de to Ligninger faas:

$$i_2 \frac{r_4}{r_3}(r_1 + j\omega(L_1 + L_x)) = i_2(r_2 + j\omega L_2) + j\omega(i_2 + i_2 \frac{r_4}{r_3})M.$$

Ved at bortdividere i_2 faas heraf:

Reelle Del: $\frac{r_4}{r_3} r_1 = r_2$ eller $\frac{r_3}{r_4} = \frac{r_1}{r_2}$ d: Jævnstrømsbalance, idet dog r her betegner den effektive Modstand.

Imaginære Del: $\frac{r_4}{r_3}(L_x + L_1) = L_2 + (\frac{r_4}{r_3} + 1)M$. Nu har man praktisk talt altid valgt $r_3 = r_4$ og $L_1 = L_2$ og altsaa faas: $L_x = 2M$.

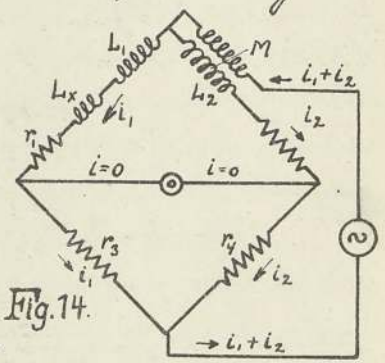


Fig. 14.

Man varierer da først paa r_1 eller r_2, indtil man faar Minimum i Telefonen, idet man benytter en kontinuerlig variabel Modstand, som vist paa Fig. 15. Den er et Ebonitstykke, hvorpaa er befæstet to parallelle Modstandstraa-

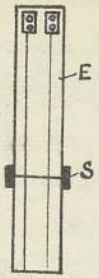


Fig. 15.

de. Modstanden varieres med Skyderen S, som kan glide frem og tilbage langs Traadene. Dermed varieres M, indtil man faar Minimum i Telefonen. Og man bliver ved med at gentage disse Variationer af Modstand og gensidig Induktion, indtil man opnaar fuldstændig Tavshed for den benyttede „Tones" Vedkommende. Naar man til Maalingen ikke benytter en Strøm med ren Sinusform, kan man nemlig kun opnaa fuldstændig Tavshed for Grundtonen eller i hvert Fald kun for en enkelt Tone, da den effektive Modstand og maaske ogsaa Selvinduktionen er afhængig af Frekvensen. Ved fuldstændig nøjagtig Indstilling, vil man derfor høre en klar Overtone. L_1, L_2 og M er indbygget i samme Kasse. r_3 og r_4 findes i en særlig Broreostat som 10-100 og 1000 Ω og man maa passe, at r_3 og r_4 altid er lige store.

3. Sammenligning af Kapacitet og Selvinduktion. Hertil benyttes en Broopstilling som vist paa Fig. 16. Naar Ligevogten er indtraadt har man:

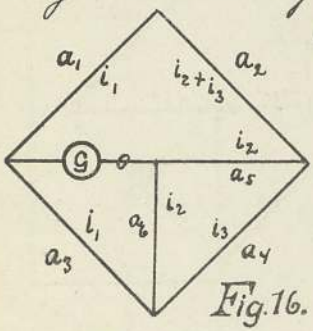


Fig. 16.

$a_1 \cdot i_1 = a_2(i_2+i_3) + a_5 \cdot i_2 \cdots (1)$; $a_3 \cdot i_1 = a_6 \cdot i_2 \cdots (2)$ og $a_4 \cdot i_3 = (a_5 + a_6) i_2 \cdots (3)$. Ved at dividere (2) op i (1) faas: $\frac{a_1}{a_3} = \frac{a_2+a_5}{a_6} + \frac{a_2}{a_6} \cdot \frac{i_3}{i_2}$, som sammen med (3) giver:

$\frac{a_1}{a_3} = \frac{a_2+a_5}{a_6} + \frac{a_2}{a_6} \cdot \frac{a_5+a_6}{a_4} \cdots (4)$. Broen er nu i Virkeligheden sammensat som vist paa Fig. 17. Man har altsaa: $a_1 = R_1 + j\omega L_1$; $a_2 = R_2$; $a_3 = R_3$; $a_4 = R_4$; $a_5 = R_5$ og $a_6 = \frac{1}{j\omega C_6}$. Ligning (4) bliver da til:

$$\frac{R_1 + j\omega L_1}{R_3} = \frac{R_2 + R_5}{\frac{1}{j\omega C_6}} + \frac{R_2}{\frac{1}{j\omega C_6}} \cdot \frac{R_5 + \frac{1}{j\omega C_6}}{R_4} \quad \text{eller:}$$

$$\frac{R_1 + j\omega L_1}{R_3} = j\omega C_6 (R_2 + R_5) + j\omega C_6 \frac{R_2 \cdot R_5}{R_4} + \frac{R_2}{R_4}.$$

I det nu de reelle og de imaginære Led hver for sig skal være lige store faar man:

$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}$ ..... (a) d: Jævnstrømsbalance, forudsat at de effektive Modstande er lig med Jævnstrømsmodstandene. Det ses, at ligning (a) er tilfredsstillet ganske uafhængigt af R_5 og C_6, saa disse ingen Indflydelse faar ved Indstilling af Jævnstrømsbalancen. Undersøge faar man for de imaginære Led:

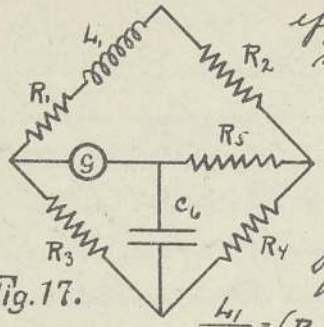


Fig. 17.

$\frac{L_1}{R_3} = (R_2+R_5)C_6 + \frac{R_2 \cdot R_5}{R_4} C_6$ eller: $\frac{L_1}{C_6} = R_3(R_2+R_5) + \frac{R_2 \cdot R_3 \cdot R_5}{R_4}$.

Minimum af $\frac{L_1}{C_6}$ faas for $R_5 = 0$ og vil altsaa være lig med $R_2 \cdot R_3$. Ved Sammenbygning af Broen maa man altsaa blot sørge for, at dette er opfyldt. Broen kan benyttes til at finde C_6, naar L_1 er kendt eller omvendt. Broen kan ogsaa benyttes til at maale den Forandring i en Elektromagnets Selvinduktion, der fremkommer ved, at Strømmen varieres lidt. Man benytter da en Opstilling som vist paa Fig. 18.

Hhv. Larsens komplekse Kompensator.

Med Hensyn til denne henvises dels til Prof. Larsens Foredragsnotater, dels til „Elektroteknikeren" p. 183 - 1910 og E.T.Z. p. 1039 - 1910 (Sætryk).

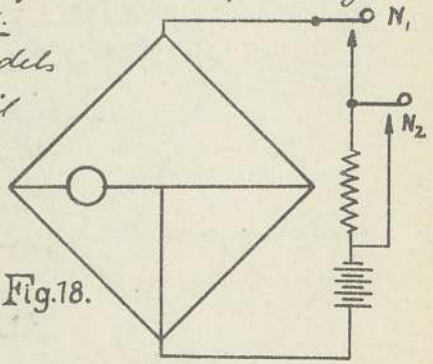


Fig. 18.

Erlangs komplekse Kompensator.

Kompensatorens Strømskema er vist paa Fig. 19.

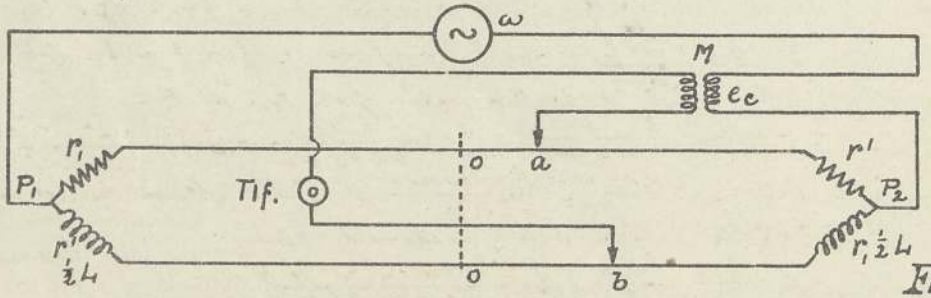


Fig. 19.

Samlet Modstand i Grenen a fra P_1 til P_2 $= r$.

" " " b " $= r$.

Samlet Selvinduktion b $= L$.

" " a $= 0$.

Broen er altså sammensat af to parallelforbundne Dele a og b, begge bestaaende af en Maaletraad og for b's Vedkommende tillige af en Selvinduktion $\frac{1}{2}L$ ved hver Ende af Traaden, og i Grenen a af en Modstand $2 \cdot r'$ svarende til Modstanden $2 \cdot r'$ i Selvinduktionerne. Idet de to Spændingsfald $P_1 - P_2$ skal være lige store faas: $i_a r = i_b (r + j\omega L)$.

For de effektive Værdier faas altså: $r \cdot I_a = I_b \sqrt{r^2 + \omega^2 L^2}$,

eller: $I_a = I_b \frac{\sqrt{r^2 + \omega^2 L^2}}{r} = \frac{I_b}{\cos \alpha}$ ... (1), hvori α er givet ved:

$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\omega L}{r}$. i_b er altså Vinklen $\alpha°$ bagefter i_a. Af Ligning (1) ses, at Spændingsfaldet langs Ledning a er $\frac{1}{\cos \alpha}$ gange Spændingsfaldet langs b. Da Spændingen ved Midten af Traaden er den samme for begge Traade, kan Spændingsforskellen her rettes til Nul, og Spændingen ab faas da i Størrelse og Fase som vist paa Fig. 20. Man afsætter Afbøjningen b ud ad i_b-Aksen og ud ad i_a-Aksen afsættes Afbøjningen a divideret med $\cos \alpha$, d. v. s., naar Figuren er tegnet paa Millimeterpapir, stadig man blot saa mange overskydende Millimeter frem, som a angiver. Man sætter en Telefon ind i Kredsløbet som vist og stiller paa a og b, indtil Telefonen tier stille. Man har da, idet Z = Impedansen fra P_1 til P_2:

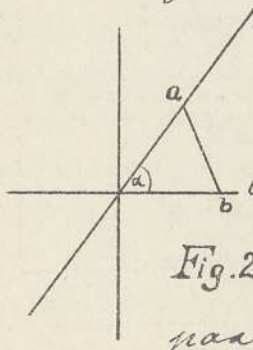


Fig. 20.

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{r} + \frac{1}{r + j\omega L} = \frac{1}{r} \frac{2r + j\omega L}{r + j\omega L}; \quad Z = r \frac{r + j\omega L}{2r + j\omega L} = r \frac{2r^2 + \omega^2 L^2 + j\omega L r}{4r^2 + \omega^2 L^2}$$

$$P_1 - P_2 = e = i \cdot Z = i \cdot r \frac{2r^2 + \omega^2 L^2 + j\omega L r}{4r^2 + \omega^2 L^2}.$$ Idet Modstanden af Traaden kaldes r_1 pr. Længdeenhed faas:

$$e_a = e \cdot \frac{r_1 \cdot a}{r} = \frac{r_1 \cdot a}{r} \cdot i \cdot r \frac{2r^2 + \omega^2 L^2 + j\omega L r}{4r^2 + \omega^2 L^2};$$

$$e_b = e\frac{r_1 \cdot b}{r+j\omega L} = \frac{r_1 \cdot b}{r^2+\omega^2 L^2} \cdot i \cdot r \cdot \frac{2r^3+r\omega^2L^2+\omega^2L^2r+j\omega L(r^2+2r^2+\omega^2L^2)}{4r^2+\omega^2L^2}$$

$$e_b = \frac{r_1 \cdot b}{r^2+\omega^2L^2} \cdot i \cdot r \cdot \frac{(r^2+\omega^2L^2)(2r+j\omega L)}{4r^2+\omega^2L^2} = \frac{r_1 \cdot b \cdot i \cdot r(2r+j\omega L)}{4r^2+\omega^2L^2}.$$

Af Fig. 19 ses, at $e_a + e_b = e_c \cdots (1)$, hvor $e_c = j \cdot M \cdot \omega \cdot i$; e_0 er nemlig netop lig den inducerede Spænding, da der i Ligevægtsstillingen ingen Strøm gaar gennem Telefonen og altsaa intet Spændingsfald er i Transformatoren. Af (2) faas:

$$r_1 \cdot a \cdot i\frac{2r^2+\omega^2L^2+j\omega Lr}{4r^2+\omega^2L^2} + r_1 \cdot b \cdot i\frac{2r^2+j\omega Lr}{4r^2+\omega^2L^2} = j\omega M i.$$

For den reelle Del faas heraf: $a(2r^2+\omega^2L^2) = b \cdot 2r^2 \cdots (3)$

og for den imaginære Del: $r_1 \cdot a \cdot L \cdot r + r_1 \cdot b \cdot L \cdot r = M(4r^2+\omega^2L^2)$;

$$(a+b) = M\frac{4r^2+\omega^2L^2}{r_1 \cdot L \cdot r} \cdots (4). \quad \text{Af (3) faas:}$$

$$\frac{b}{a} = 1+\frac{\omega^2L^2}{2r^2}; \quad \frac{\omega^2L^2}{r^2} = 2\left(\frac{b}{a}+1\right); \quad \frac{\omega L}{r} = tg\,\alpha = \sqrt{2\left(\frac{b}{a}+1\right)}.$$

Af denne Ligning kan man altsaa bestemme ω og herved eventuelt kontrollere Opstillingens Rigtighed.

Man bør bytte Tilledningerne til Transformatoren og herved faa Aflæsningen paa den anden Side af Midten, hvorefter man benytter Middeltallet. Af (3) faas:

$$b = a\frac{2r^2+\omega^2L^2}{2r^2} \text{ og ved at indsætte dette i (4) faas:}$$

$$a\frac{4r^2+\omega^2L^2}{2r^2} = M\frac{4r^2+\omega^2L^2}{r_1 \cdot L \cdot r} \text{ eller: } a = M\frac{2r}{r_1 \cdot L} \cdots (5).$$

Det ses altsaa, at Aflæsningen a er ganske uafhængig af ω. Ligning (5) kan eventuelt benyttes til Bestemmelse af M. Maalingen foregaar nu paa samme Maade som ved Abs. Larsens Kompensator, nemlig ved at sætte Transformatorspændingen e_c paa Normalen N og den ubekendte Impedans x i Serie og derpaa sætte Telefonen med Følgeledere først paa Klemmerne af N og derpaa paa Klemmerne af x, hvorefter disse Spændinger afsættes som forklaret ved de efterfølgende Eksempler. Som Normal anvendes simplest en ren ohmsk Modstand. Ovenstaaende Beregninger er gennemført under Forudsætning af, at Modstandene

i de to Halvdele af Broen vanlige store. Er dette ikke Tilfældet fås: $r_a = 2r' + l_a \cdot r_1$; $r_b = 2r'' + l_b \cdot r_2$; $i_a \cdot r_a = i_b (r_b + j\omega L_4)$.

$$\frac{i_b}{i_a} = \frac{r_a}{r_b + j\omega L_4} = \frac{r_a}{\sqrt{r_a^2 + \omega^2 L_4^2}} e^{\div j\alpha} \quad ; \quad tg\,\alpha = \frac{\omega L_4}{r_b}.$$

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{r_a} + \frac{1}{r_b + j\omega L_4} = \frac{r_a + r_b + j\omega L_4}{r_a (r_b + j\omega L_4)} = \frac{1}{r_a} \cdot \frac{r_a + r_b + j\omega L_4}{r_b + j\omega L_4}.$$

$$Z = r_a \frac{r_b + j\omega L_4}{r_a + r_b + j\omega L_4} = r_a \frac{r_b (r_a + r_b) + \omega^2 L_4^2 + j\omega L_4 r_a}{(r_a + r_b)^2 + \omega^2 L_4^2} = r_a \cdot \frac{x}{y}.$$

$$\mathcal{E} = i \cdot Z = i \cdot r_a \frac{r_b (r_a + r_b) + \omega^2 L_4^2 + j\omega L_4 r_a}{(r_a + r_b)^2 + \omega^2 L_4^2} = i \cdot r_a \cdot \frac{x}{y}.$$

$$\mathcal{E}_a = r_1 \cdot a \cdot i \frac{x}{y} \quad ; \quad \mathcal{E}_b = r_2 \cdot b \cdot i \frac{r_a}{r_b + j\omega L_4} \cdot \frac{x}{y} = r_2 \cdot b \cdot i \frac{r_a (r_a + r_b \div j\omega L_4)}{(r_a + r_b)^2 + \omega^2 L_4^2}.$$

$$\mathcal{E}_a \div \mathcal{E}_b = \mathcal{E}_c = j \cdot \omega \cdot i \cdot c.$$

$$\frac{i}{(r_a + r_b)^2 + \omega^2 L_4^2} \left(r_1 \cdot a (r_b (r_a + r_b) + \omega^2 L_4^2 + j\omega L_4 r_a) \right) \div r_2 \cdot b \left(r_a (r_a + r_b \div j\omega L_4) \right) = j \cdot \omega i \cdot c.$$

hvoraf: $r_1 a (r_b (r_a + r_b) + \omega^2 L_4^2) = r_2 \cdot b \cdot r_a (r_a + r_b)$ og $r_1 a + r_2 \cdot b = c \frac{(r_a + r_b)^2 + \omega^2 L_4^2}{r_a \cdot L_4}$.

Af disse Ligninger fås: $r_1 \cdot a = \frac{r_a + r_b}{L_4} \cdot c$ og $r_2 \cdot b = \frac{r_b (r_a + r_b) + \omega^2 L_4^2}{r_a \cdot L_4} \cdot c$

$r_1 \cdot a$ er altså kun afhængig af c, men ikke af ω, d: $r_1 a$ er proportional med c.

$$\frac{r_2 \cdot b}{r_1 \cdot a} = \frac{r_b}{r_a} + \frac{\omega^2 L_4^2}{r_a (r_a + r_b)} \quad \text{eller} \quad \frac{\omega^2 L_4^2}{r_a (r_a + r_b)} = \frac{r_2 b}{r_1 \cdot a} \div \frac{r_b}{r_a}$$

$$\omega^2 = \frac{r_a^2}{L^2} \left(1 + \frac{r_b \div r_a}{2 r_a}\right) \cdot 2 \cdot \left(\frac{r_2 \cdot b}{r_1 \cdot a} \div \frac{r_b}{r_a}\right); \quad \omega = \frac{r_a}{L_4} \sqrt{\left(1 + \frac{r_b \div r_a}{2 r_a}\right) \cdot 2_4 \cdot \left(\frac{r_2 b}{r_1 a} \div \frac{r_b}{r_a}\right)};$$

for $r_a = r_b = r$ og $r_1 = r_2$ fås da: $\omega = \frac{2}{L_4} \sqrt{2 \left(\frac{b}{a} \div 1\right)}$.

Forskellige Maalinger med den komplekse Kompensator.

1. Man kan f. Eks. bestemme $\mathcal{E}_l$ for en Telefonledning som vist paa Fig. 21. (Forelöbig uden R.) Ledningen er sat i Forbindelse med Kompensatorens Transformator. Man kan da bestemme V_0 og V_l ved Hjælp af Følepindene og afsætte dem direkte i Forhold til hinanden, idet Strømtilstanden er den samme ved begge Maalinger. Man har derpaa: $\cos \frac{1}{2} \mathcal{E}_l = V_0 : V_l$. Hvis Ledningen er meget lang, bliver V_l meget lille i Forhold til V_0. Da man maaler nöjagtigt, naar begge Spændinger er af samme Størrelsesorden, (begge Sat Afledningen a og b

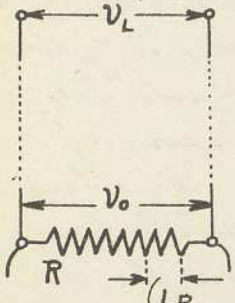


Fig. 21.

kan da blive store), saaledes man en ren ohmsk Modstand R parallelt med Ledningen som vist paa Fig. 21. Dette vil ikke forandre den indbyrdes Beliggenhed af V_0 og V_l og man maaler nu V_l som ovenfor; men i Stedet for at maale hele V_0 maaler man nu mellem Enderne af f. Eks. $\frac{1}{10}R$. Herved faar man bestemt $\frac{1}{10}V_0$ og kan saa lag efter afsatte 10 Gange den aflæste Spænding. 2. Bestemmelse af en Lednings Karakteristik. Man maaler Z_0 og Z_∞ og har derefter $Z = \sqrt{Z_0 \cdot Z_\infty}$ og $tg^2 \frac{1}{2}\beta l = \frac{Z_0}{Z_\infty}$. Her er imidlertid Strømmen ikke den samme ved de to Maalinger, hvorfor man ikke direkte kan sammenligne de to Spændinger, man maaler ved Enderne af Ledningen. Man indskyder da i Kredsløbet en ohmsk Modstand R, som vist Fig. 22, og maaler i begge Tilfælde ogsaa Spændingen over denne foruden V_0. De fire Spændinger kan da f. Eks. ligge som vist paa Fig. 23, hvor Z_∞ og R_∞ ligger rigtigt i Forhold til hinanden og ligeledes Z_0 og R_0. For at kunne sammenligne Z_0 med Z_∞ maa man da dreje R_0 hen til Dækning med R_∞, idet man lader Z_0 følge med. Derefter multiplicerer man Z_0 med Forholdet mellem Længderne af Spændingerne R_∞ og R_0. Til Bestemmelse af βl for en lang Ledning egner denne Metode sig ikke saa godt, fordi da Z_0 og Z_∞ bliver omtrent lige store, saa $tg^2 \frac{1}{2}\beta l$ bliver daarligt bestemt. Man bør derfor hertil hellere benytte den førstnævnte Metode. 3. Bestemmelse af en Transformators Virkningsgrad. Man indskyder Transformatoren i Kredsløbet paa sædvanlig Maade, som vist paa Fig. 24. Primær Spænding maales over a, b, og Primær Strøm over R, samt tilsvarende paa Sekun-

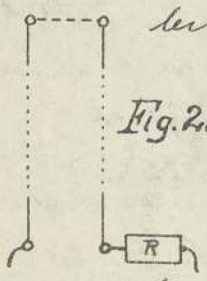


Fig. 22.

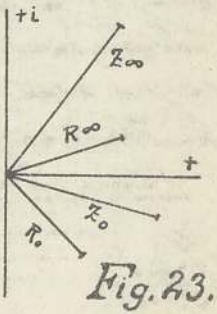


Fig. 23.

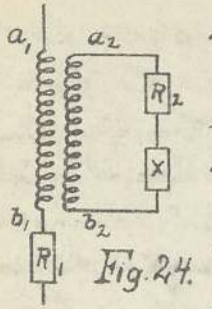


Fig. 24.

doriden. Impedansen x hjemler til Belastning. De maalte Størrelser er alle relative, hvilket dog ikke spiller nogen Rolle, da man til Bestemmelse af Virkningsgraden kun har Brug for Forholdet imellem dem.

Maaling af Periodetallet ω. (Fig. 25).

$L_{1,2}$ er en kendt, variabel gensidig Induktion og C en en kendt Kapacitet. Man har da: $e_L = i \cdot j\omega L_{1,2}$ og $e_C = i \frac{1}{j\omega C}$. Man varierer nu paa $L_{1,2}$ indtil Telefonen bliver stille og har da: $e_L + e_C = 0$ altsaa: $i \cdot j(\omega L_{1,2} - \frac{1}{\omega C}) = 0$

eller: $\omega = \frac{1}{\sqrt{L_{1,2} \cdot C}}$ heraf ω. Man kan selvfølgelig kun faa Tarvshed for Grundtonen, medens Overtonerne høres meget pragnant her. Kendes ω paa anden Maade, kan man altsaa herved ogsaa faa en Kontrol paa de elektriske Konstanters Rigtighed.

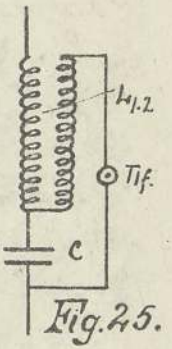


Fig. 25.

Sammenligning af to Ledninger ved Telefoni.

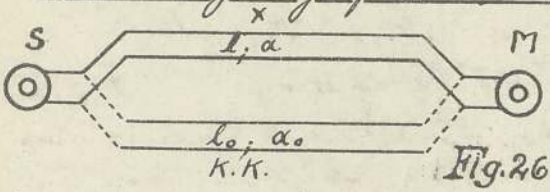


Fig. 26.

Fig. 26. K.K er et variabelt kunstigt Kabel og x den undersøgte Ledning. Den tales ind i S og høres ved M, og Opstillingen er foretaget med en Ohmskifter saaledes, at man kan flytte S og M fra x over paa K.K og omvendt. Man indstiller da K.K indtil Talen lyder lige stærk i begge Kabler. Naar da Apparaterne har en Impedans, som er lig med Ledningens Karakteristik, vil Svækkelsen være givet ved en Kurve som vist fuldt optrukket paa Fig. 27, og til Bestemmelse af α har man da: $\alpha l = \alpha_0 l_0$, hvor l, α_0 og l_0 er kendt. Er Apparaternes Impedans derimod ikke lig med Karakteristikken Z, gælder ovenstaaende Ligning ikke mere, idet Svækkelsen nu vokser efter en

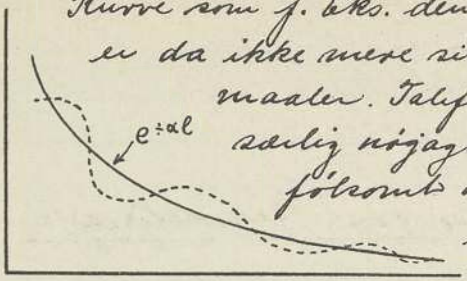


Fig. 27.

Kurve som f. Eks. den punkterede paa Fig. 27. Man er da ikke mere sikker paa, hvad det er, man maaler. Talforøg er i det hele taget ikke særlig nøjagtige, idet Øret ikke er meget følsomt overfor forskellig Styrke af Tonen og særlig ikke, naar de to Ledninger har forskellig Klangfarve. Angaaende Standardkabel se „Telefonledningernes Teori". S. 91. Hvis een Ledning svarer til a miles Standardkabel og en anden Ledning svarer til b miles Standardkabel, saa skulde altsaa begge Ledninger tilsammen svare til a + b miles St. K. Dette gælder imidlertid kun, naar der ingen Reflektion finder Sted. I modsat Fald maa man da indføre et ekstra Reflektionstab, hvorved en Del af Metodens Simpelhed gaar tabt.

Literatur:

Jaeger, W.: Elektrische Messtechnik. (533 S.) Leipzig 1917.
Kempe, H.R.: A Handbook of Electrical Testing. (706 S.) London 1908.
Kennelly, A.E.: Artificial Electric Lines. (348 S.) New York 1917.
Nottage, W.H.: The Calculation and Measurement of Inductance and Capacity. . . . (137 S.) London 1916.
Orlich, E.: Kapazität und Induktivität. [Elektrotechnik in Einzeldarstellungen, G. Benischke, XIV]. (294 S.) Braunschweig 1909.

Foredragsnotater over Radiotelegrafi.

Til Overføring af Radiotelegrammer benyttes elektromagnetiske Bølger fra Sender til Modtager. Udsendelsen af elektromagnetiske Bølger fra Senderen kræver Tilstedeværelsen af elektromagnetiske Svingninger i denne. Mulighederne for saadanne Svingninger blev først erkendt af Maxwell og Kirchoff omkring 1860, men de blev først Gang iagttaget af Feddersen i 1858. Karakteristisk for alle Svingninger er, at Energien stadig veksler fra een Form over i en anden, nemlig fra potentiel Energi over til kinetisk Energi og omvendt. For de elektromagnetiske Svingningers Vedkommende har man dels elektrisk Feltenergi i Kondensatorens Ladning og dels magnetisk Feltenergi i Form af det magnetiske Felt, der frembringes ved, at Strømmen passerer en Selvinduktion. Begge disse Former maa forekomme, men det er ved vilkaarlig, hvilken man kalder kinetisk og hvilken statisk Energi. Man plejer at benævne den elektriske Energi for den statiske Form og den magnetiske Energi for den kinetiske.

Svingninger i en enkelt, elektrisk Svingningskreds.

For de to Energiformer har man med et Strømskema som vist paa Pl. A. Fig 4: $i = \frac{dq}{dt}$ $\qquad K = \frac{1}{2} L \cdot i^2$ $\qquad S = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$.

Hvis der intet Energitab finder Sted, maa den totale Energi stadig være den samme, og man har da: $K + S = \text{konst} = \frac{1}{2} L \cdot i^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{q^2}{C}$

Ved Differentiation heraf faas: $L \cdot i \cdot \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \cdot q \cdot \frac{dq}{dt} = 0$

eller idet $i = \frac{dq}{dt}$ og $\frac{di}{dt} = \frac{d^2q}{dt^2}$: $L \cdot \frac{d^2q}{dt^2} + \frac{q}{C} = 0$. --- (1)

Denne Ligning tilfredsstilles af $q = Q_0 \sin(ht + \varphi)$, altsaa:

$\frac{d^2q}{dt^2} = -Q_0 \cdot h^2 \sin ht = -h^2 q$, som indsat i (1) giver

$$\left(-L \cdot h^2 + \frac{1}{C}\right) Q_0 \sin(ht + \varphi) = 0 \; ; \; h = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} .$$

Den fuldstændige Løsning bliver altsaa: $q = Q_0 \sin\left(\frac{t}{\sqrt{L \cdot C}} + \varphi\right) \cdots (2)$

Svingningstiden er bestemt ved: $T = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$.

Ved Differentiation af (2) faas: $i = \frac{dq}{dt} = \frac{Q_0}{\sqrt{L \cdot C}} \cos\left(\frac{t}{\sqrt{L \cdot C}} + \varphi\right)$

I dette Tilfælde er altsaa Strøm og Spænding forskudt 90° i Forhold til hinanden, svarende til, at der intet Energitab finder Sted.

Pl. A. Fig 2. Strøm og Spænding vil de ligge som vist, idet man dog her maa tænke sig Ligningerne givet ved:

$$q = Q_0 \cos\frac{t}{\sqrt{L \cdot C}} \quad \text{og} \quad i = -\frac{Q_0}{\sqrt{L \cdot C}} \sin\frac{t}{\sqrt{L \cdot C}} .$$

Pl. A. Fig 1. Denne Figur viser Fordelingen af elektrisk og magnetisk Energi svarende til Kurverne paa Fig 2. Foranstaaende gælder for udæmpede Svingninger, idet der her ikke er regnet med nogen ohmsk Modstand.

Pl. A. Fig 3 og 4. I Virkeligheden vil der altid være nogen Dæmpning til Stede, men i Radiotelegrafien vil det ofte være Tilfældet, at Ohms Lov ikke gælder, d. v. s. at Tabene ikke følger denne Lov. Kun man imidlertid regne med dette, saa faas:

$$H + S + \int i^2 R \, dt = A = \text{Konstant},$$

altsaa: $L \cdot i \cdot \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \cdot q \frac{dq}{dt} + i^2 R = 0$

eller: $L \cdot \frac{d^2q}{dt^2} + R \cdot \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0 \cdots (2)$ Pl. A. Fig 4.

Denne Ligning kan man ogsaa faa direkte ved at udtrykke, at det lokale Spændingsfald i Svingningskredsen skal være Nul. (Her er det, at der kommer Vanskelighed ved Løsning af Ligning (2), hvis R ikke er konstant, men f. Eks. afhængig af $\frac{dq}{dt}$). Ligning (2) kan tilfredsstilles af: $q = Q_0 \cdot e^{\alpha t}$ og ved at indsætte dette i (2) faas da til Bestemmelse af α:

$$Q_0 \cdot e^{\alpha t}\left(L\alpha^2 + R\alpha + \frac{1}{C}\right) = 0 .$$ Man plejer her at sætte

$K = \frac{R}{2L} \cdots (8)$ og $h = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} \cdots (9)$, hvorved faas: $\alpha^2 + 2K\alpha + h^2 = 0$

$$\alpha = -K \pm \sqrt{K^2 - h^2} = \begin{cases} \alpha_1 \\ \alpha_2 \end{cases}$$

Den fuldstændige Løsning af (2) bliver da:

$$q = Q_1 \cdot e^{\alpha_1 \cdot t} + Q_2 \cdot e^{\alpha_2 \cdot t} \quad \ldots (2')$$

hvor Q_1 og Q_2 er bestemt, naar man kender Ladningen og Strømmen i Begyndelsesøjeblikket. Antages $k > h$, altsaa $k^2 > h^2$, saa er:

$$\frac{R^2}{4L^2} > \frac{1}{L \cdot C} \quad \text{eller} \quad R > 2\sqrt{\frac{L}{C}} = 2\varrho,$$

og man har i dette Tilfælde, at α_1 og α_2 begge er negative og reelle. Ladningen q vil da efterhaanden forsvinde, idet begge Leddene i (2') falder eksponentiell ned mod Nul. Tilstanden er altsaa aperiodisk og falder jævnt ned mod Nul uden Svingninger. For $k = h$ ($R = 2\sqrt{\frac{L}{C}} = 2\varrho$) faas ogsaa aperiodisk Dæmpning (se Pl. E. Fig 11 Formel (3) og (4)).

Man vil altsaa faa aperiodisk Dæmpning for: $R \geq 2\varrho$.

Størst Interesse har imidlertid Tilfældet $R < 2\varrho$, altsaa $k < h$, og i saa Tilfælde faas: $\left.\begin{matrix}\alpha_1 \\ \alpha_2\end{matrix}\right\} = -k \pm j\sqrt{h^2 - k^2} = -k \pm j\nu$

og altsaa: $q = e^{-kt}(Q_1 \cdot e^{+j\nu t} + Q_2 \cdot e^{-j\nu \cdot t})$

eller da: $e^{j\varphi} = \cos\varphi + j\sin\varphi$ og $e^{-j\varphi} = \cos\varphi - j\sin\varphi$:

$$q = e^{-kt}\left[(Q_1 + Q_2)\cos\nu t + j(Q_1 - Q_2)\sin\nu t\right].$$

Da q skal være reel, maa altsaa Q_1 og Q_2 vælges saaledes, at $(Q_1 + Q_2)$ og $(Q_1 - Q_2)$ bliver den imaginær, hvorved faas: $q = e^{-kt}(A\cos\nu t + B\sin\nu t) \ldots (\alpha)$

Til Udledelse af Formlerne Fig 5. faas nu:

Ved Differentiation af (α) faas:

$$i = \frac{dq}{dt} = -kq + \nu \cdot e^{-kt}(-A\sin\nu t + B\cos\nu t) \quad \ldots (\beta)$$

Af Betingelserne $t = 0$, $i = 0$, $q = Q_0$ faas da: $A = Q_0$ og $B = \frac{k}{\nu} Q_0$

og altsaa: $q = Q_0 \cdot e^{-kt}\left(\cos\nu t + \frac{k}{\nu}\sin\nu t\right) \quad \ldots (\alpha) - (5)$

Skal dette indbygges ved: $q = Q_m \cdot e^{-kt}\cos(\nu t - \varphi) \quad \ldots (5)$

saa maa Amplituden Q_m være givet ved:

$$Q_m^2 = Q_0^2 + \left(\frac{k}{\nu}\right)^2 Q_0^2 = Q_0^2 \frac{\nu^2 + k^2}{\nu^2} = Q_0^2 \cdot \frac{h^2}{\nu^2}; \quad Q_m = Q_0 \cdot \frac{h}{\nu} \quad \ldots (18)$$

Endvidere maa φ være givet ved; at: $\cos(\varphi_0 + \varphi) + \frac{k}{\nu}\sin(\varphi_0 + \varphi) = 0$

eller: $-\sin\varphi + \frac{k}{\nu}\cos\varphi = 0 \quad ; \quad \operatorname{tg}\varphi = \frac{k}{\nu} \quad \ldots (14)$

Af $q = C \cdot v$ og $Q_m = C \cdot V_m$ faas nu direkte Ligning (4). Ved Indsættelse af Konstanterne i ovenstaaende Formler (3) faas:

$$i = -Q_0 e^{-kt}\left(k\cos\nu t + \frac{k^2}{\nu}\sin\nu t\right) - Q_0 e^{-kt}\left(\nu\sin\nu t - k\cos\nu t\right)$$

$$i = -Q_0\left(\nu + \frac{k^2}{\nu}\right)e^{-kt}\sin\nu t = J_m e^{-kt}\sin\nu t \quad \ldots (3)$$

hvor: $\mathfrak{J}_m = -Q_0 \frac{\nu^2+k^2}{\nu^2} = -Q_0 \frac{k^2}{\nu} = -Q_0 \frac{1}{\nu\sqrt{L\cdot C}} = -Q_m \cdot k \quad \ldots (17)$

Paa Plan A. Fig 3. er vist Svingningerne svarende til ovenstaaende Formler. Man plejer ikke at karakterisere Svingningerne med τ, da denne Størrelse er saa ubegrænset lille (fra 10^{-5} til 10^{-7} sekt) og i Stedet for indfører man de Bølgelængden λ, idet Bølgerne forplanter sig med Hastigheden $3\cdot 10^8$ m/sek = lysets Hastighed. λ er da givet ved $\lambda = 3\cdot 10^8 \cdot \tau$ m ... (13)

Pl. B. Fig 4. De Værdier af λ, der forekommer ved elektriske Svingninger, kan variere fra nogle faa Millimetre og op til ubegrænsede Længder. For de almindelige Starkstrømssvingninger med $\nu = 25-50$ er λ af en Størrelsesorden som Jordens Radius, og for Røntgenstraaler af Størrelsesorden som et Brintatoms Radius. Man kender altsaa Svingninger varierende kontinuert mellem disse to Ydergrænser undtagen for smaa Intervaller, som er vist uskraverede paa Figuren. De krydsskraverede Arealer angiver de saaliges vigtige Bølgelængder og de punkterede angiver Bølgelængder, der ikke anvendes i Teknikken. De i Radioteknikken anvendte Bølgelængder Svingninger har Bølgelængder varierende fra 50-100-300 m og op til ca. 20000 m. Meget over 20000 m kan man ikke gaa, da Afsendelsen af Radiotelegrammer vilde faa Telefonledningen til at svinge med Frekvenser, der direkte opfattes af Øret.

Pl. B. Fig 1. Fig 2 og Fig 5. K er et Maal for Dæmpningen, maalt i Tid, men da τ er saa lille, kan der godt være udført et meget stort Antal Svingninger, selv om K er stor. Man bruger derfor ofte at karakterisere Dæmpningen ved Forholdet mellem to Amplituder i Afstanden τ. De to Amplituder er bestemt ved:

$$q_t = e^{-Kt} \cdot Q_m \cos(\nu t - \varphi) \text{ og } q_{t+\tau} = e^{-K(t+\tau)} Q_m \cos(\nu t + 2\pi - \varphi)$$

Forholdet mellem disse to Amplituder er $d = e^{K\cdot\tau}$ og som Maal for Dæmpningen benyttes da den naturlige Logaritme heraf: $\delta = \log \text{nat}\, d = K\cdot\tau$ ... (15) Pl. A.

For en given Værdi af τ er δ altsaa kun afhængig af R og L. I Radioteknikken vil man altid have $k \gg K$, saaledes, at man kan sætte:

$$\tau = 2\pi\sqrt{L\cdot C} \quad ; \lambda = 6\pi\cdot 10^8\sqrt{L\cdot C} \text{ og } \delta = \pi R\sqrt{\frac{C}{L}}.$$

Det ses, at selv om K er stor, kan godt δ være lille, da τ er meget lille. Eks: $K = 10^3$ og $\tau = 10^{-6}$ giver $\delta = 10^{-3}$.

δ er altsaa et Maal for Dæmpningen, maalt i Perioder og dette sidste er afgjørende for, hvorledes Svingningerne opfører sig, medens k er af mindre Betydning. Til Bestemmelse af den Fejl, man begaar ved at sætte $\tau = \frac{2\pi}{h}$ her man: $\tau = \frac{2\pi}{\sqrt{h^2 - k^2}} = \frac{2\pi}{h}\sqrt{\frac{h^2}{h^2 - k^2}} = \frac{2\pi}{h}\sqrt{1 + \frac{k^2}{h^2 - k^2}} = \frac{2\pi}{h}\sqrt{1 + \left(\frac{\delta}{2\pi}\right)^2}$

Sidste Led under Kvadratrodstegnet angiver Fejlen, der altsaa ikke er afhængig af k, men kun af δ. Man kan skrive: $\tau = \frac{2\pi}{h}(1+\Delta) = 2\pi\sqrt{L \cdot C}(1+\Delta)$ og Størrelsen af Δ er da angivet i følgende Tabel:

δ	=	0	0,1	0,2	0,5	1,0
Δ	=	0	0,0001	0,0005	0,003	0,012
Δ i %	=	0	0,01	0,05	0,3	1,2

Selv med saa høj en Dæmpning som $\delta = 1,0$, der sjældent vil forekomme i Praksis, er Fejlen altsaa kun 1,2 %. Selv $\delta = 0,1$ regnes for en ret høj Dæmpning.

Pl. B. Fig 3. Figuren viser, hvor lille en Del af Tiden, der medgaar til selve Svingningerne, selv med saa mange Gnister som 500 pr sekt., idet der altsaa med den paa Tegningen benyttede Maalestok for Tiden vil være en Afstand paa 2 m. mellem hver Udladning. — For at frembringe Svingninger anser man sørge for, at den Tid, der medgaar til Standsning af Svingningerne, kun er en Brøkdel af Svingningsperioden τ. For Radiotelegrafi er τ fra 10^{-6} sekt. og opefter, og „Oplukningen" skal altsaa kunne foregaa saa hurtigt som ned til Ca 10^{-7} sekt. Dette lader sig udmærket gøre ved Hjælp af en elektrisk Gnist som antydet paa Fig V. Pl. A, idet Gnistbanen virker fuldstændig isolerende inden Gnisten dannes, hvorimod den ved Gennemslaget dannede Bue under Udladningen bevirker, at Spændingsforskellen mellem de to Elektroder kun er ringe.

Pl. C. Fig 1. Denne Egenskab hos Gnisten er først paavist af Feddersen i 1859. Hvis $R > 2\varrho$ faas en lang lysstrimmel med jævnt aftagende Tykkelse svarende til den aperiodiske Dæmpning.

Pl. C. Fig 2. Denne Figur viser derimod Billedet for en oscillerende Gnist. Billedet viser, at Lyset er stærkest inde ved Elektroderne, tillige at det fremkommer noget smeret ved Midten, idet Pilen angiver Retningen for Lysspaltens Bevægelse hen over Papiret. Feddersen

paavist allerede ved dette Forsøg, at $T = \sqrt{L \cdot C}$. Selve Teorien for Svingninger var allerede givet nogle Aar i Forvejen af Lord Kelvin og Kirchoff.

Pl. C. Fig 3. Hvis man ved Jævnstrøm vilde frembringe en Gnist mellem to Elektroder, maatte man sætte en meget høj Spænding paa for at faa Overslag, men i samme Øjeblik som Gnisten dannes, vil Spændingen synke meget stærkt og holde sig omtrent konstant lig med Buespændingen (30-40 Volt), saa man vilde faa en ganske overordentlig stor Strøm. Ogsaa ved Anvendelse af Vekselstrøm kan man naa op til store Strømstyrker. Før en stor Svingningskreds, ladet op til høj Spænding, kan man saaledes, naar Gnisten dannes, i første Øjeblik naa op til ca. 100000 Amp. Figuren viser Karakteristiken for en saadan Svingning, idet Gnisten slaar over ved Spændingen V_g, hvorefter Spændingen synker til Værdien V_b og derefter foregaar Svingningen som vist ved Kurven a b o c d og tilbage igen med stadig synkende Amplituder.

Pl. C. Fig 4. Figuren viser Gnistkarakteristiken med Tiden som Abscisse. Man er endnu ikke helt klar over, hvori Forskelligheder i Metallernes Gnistegenskaber bestaar.

Pl. C. Fig. 5. og Fig. 6. Naar Strømstyrken bliver tilstrækkelig stor, vil Spidserne og Ujævnhederne paa Kurverne i Fig 4. udjævnes, saa man med god Tilnærmelse kan erstatte Karakteristikerne og Spændingskurverne med de nedenstaaende.

Pl. C. Fig 7. Naar de hidtil udførte Forsøg over Maaling af Gnistmodstanden har ført til saa store forskellige Resultater, ligger det i, at Gnisdannelsen er afhængig af baade Strømstyrke, Spænding, Gnistbuens Længde o. s. v. Man kan derfor her slet ikke tale om nogen egentlig Modstand. Fig. 7 s vører nu til, at man kan se bort fra Modstanden i Kredsen og kun behøver at regne med den Gnistdæmpning hidrørende fra det konstante Spændingsfald V_b i Buen.

Strømmen i vil være i direkte Modsætning til Spændingsfaldet V_b og Kon-

dennestorspændingen V_c vil være forskudt 90° i forhold til i, da der ingen modstand er.

Naar Spændingen V_g er nået, vil Gnisten dannes og i den første halve Periode vil da V_c svinge omkring den positive Værdi af V_b som Middellinie. Derpaa skifter i og hermed V_b Retning saaledes, at V_c nu vil svinge omkring den negative Værdi af V_b o.s.v. Til Tidspunkterne $0, \frac{1}{2}\bar{t}, 1\bar{t}, 1\frac{1}{2}\bar{t}$ faas altsaa følgende Værdier:

			V_g
$t = 0$	hvor v	Ordinaten:	
$\frac{1}{2}\bar{t}$	"	— " — :	$[V_g - V_b] - V_b = V_g - 2V_b$
$1\bar{t}$	"	— " — :	$[(V_g - 2V_b) - V_b] - V_b = V_g - 4V_b$
$1\frac{1}{2}\bar{t}$	"	— " — :	$[(V_g - 4V_b) - V_b] - V_b = V_g - 6V_b$

o. s. v.

Det ses altsaa, at Amplitudekurverne i dette Tilfælde bliver rette Linier, og at den maksimale Spænding falder $4V_b$ i Løbet af Tiden $\bar{t}$.

I Virkeligheden faas en Kombination af en eksponentiel og en retlinet Amplitudekurve. Eksempler paa Amplitudekurver er vist paa Fig 4. Pl. 6.

Elektronteori.

Omregningen fra (C.G.S.-S.) til (C.G.M.-S.) og de praktiske Enheder sker ved Hjælp af Tabellerne Pl. II. Fig 2 og Fig 3.

Elektronernes Bevægelse. Ligning (2) i Fig (4) udtrykker, at Tilvæksten i levende Kraft er lig med det tilførte Arbejde, idet Coul·Volt = Amp·Volt·Sek = Arbejde. Formel (3) gælder kun for Hastigheder, der er meget mindre end Lysets, ⊕ thi ellers vokser meget stærkt og teoretisk set skulde blive nødvendig større end $v = 3 \cdot 10^{10}$ Cm/Sek. Ved udførte Forsøg er man kommet op til $2 \cdot 10^{10}$ Cm/Sek og her gælder hverken endnu med tilstrækkelig Tilnærmelse. De største kendte Elektronhastigheder er $2{,}8 \cdot 10^{10}$ Cm/Sek. nemlig Hastigheden af de af Radium udsendte β-Stråler. Formlerne (5), (6) og (7) fås direkte af (2), (3) og (4). Formel (8) angiver Feltstyrken hidrørende fra en lyst Plade med Overfladetætheden σ.

Naar en Plade med Tykkelsen dx og med Ladningen q pr Cm³ sættes ind i et elektrisk Felt af Styrken K, vil den bevirke en Forandring af Feltstyrken bestemt ved Ligning (9). Denne Ligning gælder uafhængig af Pladetykkelsen.

Pl. II. Fig 5. Stødionisation. Hvis Elektronernes Hastighed bliver større end svarende til ca. 10 Volt, saa vil de ved Sammenstød med Luftmolekylerne slaa disse i Stykker i en negativ Elektron og en positiv Ion. De Elektroner vil nu løbe videre i Retningen fra K til A og igen ionisere andre Molekyler, medens den positive Ion vender den modsatte Vej og eventuelt ogsaa ioniserer (dog først ved et lavere Spændingsfald).

Ligning (1): Her er en Middelværdi bestemt ved Sands ydre Hastighedsberegning og i Overensstemmelse med (7). I Ligning (8) er altsaa s = Sands ydre Hastighed for Jonisation.

Ligning (3): I et Tværsnit paa 1 Cm² i Afstanden x fra K passerer, naar Tilstanden er blevet stationær, i Løbet af 1 Sek. n_x Elektroner. Ved at tilbagelægge Strækningen dx vil disse n_x Elektroner frembringe: $dn_x = \alpha \cdot n_x \cdot dx$ nye Elektroner, hvoraf (3).

Ligning (4): I det n_0 og n_d angiver Antallet af passerede Elektroner pr. Tidsenhed, er disse Tal

⊕ idet Elektronens Masse ikke er konstant ved Hastigheder der nærmer sig Lysets;

jo ogsaa et Maal for Strømmen og altsaa proportionale med Strømmen i Amp. Strømmen i øvrigt lib, at $V_i = \mathfrak{F} \cdot l < 10$ Volt saaledes, at Antallet n_0 af frie Elektroner forbliver konstant under Passagen fra K lib A. For saa stor Feltintensitet, at $V_i = \mathfrak{F} \cdot l >$ ca 10 Volt, vokser Strømmen ifølge (3) og (4) eksponentielt med Afstanden i Modsætning lib forholdene i metalliske Ledere, hvor den vil være konstant, naar Feltintensiteten er konstant. Indtrykket er dog ikke helt ny lign, thi naar Elektronerne frigøres ved K med Begyndelseshastigheden Nul, saa skal de først falde gennem Vejlængden l bestemt af (1), førend man kan opnaa Ionisation ved Sammenstød og det samme vil være Tilfældet, naar de efter hvert Sammenstød igen har faaet Hastigheden Nul. Ovenstaaende Forhold, hvor der ved Katoden frigøres negative Ioner, vil fremkomme, naar Katoden bestraales med ultraviolet Lys eller opvarmes stærkt. Ligning (5) og (6). Disse udledes paalignende Maade som Ligning (3). Dette Forhold kan tænkes at fremkomme, naar Rummet mellem Elektroderne gennemstraales af Røntgenstraaler, idet da selve Luften ioniseres af Straalerne saaledes, at der f. Eks. i et Prisme med Grundfladen 1 cm² og Længden a frigøres n_0 Ioner pr. sek.

Pl. N. Fig. 8. Townsends Teori for Gnistdannelse. Ligning (1) fremkommer, idet man ifølge Oplysningerne maa have: $n_a = n_0 + p + q$ pr. sek.

Ligning (2): Gennem Tværsnittet P_x passerer pr. sek. $(n_0 + p)$ Elektroner mod højre og paa Strækningen dx vil de altsaa frembringe $\alpha (n_0 + p)\, dx$ nye Ionpar. Samtidig passerer mod venstre q positive Ioner pr. sek. I alt frembringes dp nye Ionpar pr. sek. Heraf (2).

Ligning (3):

$$dp = \left(n_0 + p + \frac{\beta \cdot n_a}{\alpha - \beta}\right)(\alpha - \beta)\, dx \quad \ldots (2)$$

$$n_0 + p + \frac{\beta \cdot n_a}{\alpha - \beta} = n \cdot e^{(\alpha - \beta)x} \quad \ldots (3)$$

Ligning (5): Af (4) faas for $x = a$; $n_0 + p = n_a$:

$$n_a = n_0 e^{(\alpha-\beta)a} + \frac{\beta \cdot n_a}{\alpha - \beta}\left(e^{(\alpha-\beta)a} - 1\right) \quad \ldots (4')$$

$$n_a \cdot \frac{\alpha - \beta - \beta \cdot e^{(\alpha-\beta)a} + \beta}{\alpha - \beta} = n_0 e^{(\alpha-\beta)a} \quad \ldots (4'')$$

og heraf (5).

Ligning 6: For Gnistdannelse skal man nemlig have n_a uendelig stor i Forhold til n_0, altsaa maa Nævneren i (5) blive nul.
Ligning (7) kan ogsaa skrives: $V = \varphi(a \cdot p)$.

Hele denne Teori er opstillet af Engelænderen Townsend, men overstaaende Lov, at Gnistspændingen er en Funktion alene af Produktet af Elektrodeafstanden og Trykket, var fundet meget tidligere af Paschen.

Pl. D. Fig 3. Gnistspænding. Paschens Lov.

Af Figuren (og Fig 5.) ses, at Gnistspændingen V_g er tilnærmelsesvis proportional med Produktet p d ned til en vis Værdi $(p \cdot d)_K$, hvorefter V_g vokser meget stærkt igen. (Dette gælder for Elektroderne Fig 1.a. hvor Gnisten er tvunget til at gaa direkte overfra Plade til Plade).

Det synes altsaa, som om Gnistspændingen kun er afhængig af det Antal neutrale Molekyler, som en Elektron møder paa sin Vej fra K til A saaledes, at V_g aftager med dette Antal ned til en Minimumsværdi $V_{g\,min} = 3 - 400$ Volt for atmosfærisk Luft, hvorefter V_g atter vokser stærkt.

Pl. D. Fig 2. Paa øverste Figur er dette Forhold fremstillet for p = konst. og forskellige Former af Elektroderne. Med Elektroder som vist paa Fig. 1.a. faas samme Kurve som Fig 3, der paa Fig 2 er vist delvis punkteret. For Elektroder som Fig 1. b. faas samme Kurve (I) ned til Værdien d_K, men derefter vil Gnistbanen forløbe som vist ved II og II' paa Fig 1. b. saaledes, at Gnisten stadig passerer samme Antal Molekyler, og man faar derfor det vandrette Kurvestykke II svarende til $V_g = V_{g\,min}$. Hvis Kuglerne befinder sig i et lukket Rum (med Vacuum), kan dette dog kun fortsættes ned til en vis Værdi af d svarende til, at Gnisten da forløber langs med Rummets Vægge.

Den rette Linie OC gennem Begyndelsespunktet svarer til helt andre Forhold igen og har egentlig intet at gøre med den almindelige Jonisation af Gnistbanen. Det har nemlig vist sig, at naar Feltets Intensitet vokser op til en Størrelsesorden af 10^6 Volt/cm (Erks: $d \sim 10^{-6}$ cm, $V \sim 2-3$ Volt. Browns Relais) saa synes det, som om Feltet er til-

strækkelig kraftigt til hjælpen at trække Elektronerne direkte ud af den metalliske Katode og føre dem over paa Anoden. Det viser sig, at ved disse høje Feltintensiteter vil der overhovedet altid slaa en Gnist over, ligegyldigt, hvad der saa er anbragt mellem Elektroderne. Dette Forhold svarer til det vandrette Stykke af Kurven nederst paa Fig 2. Med Hensyn til Gnistspændingens Afhængighed af Gnistbanens Ionisationstilstand ligger Forholdene i Hovedsagen saaledes:

Vokses Spændingen V paa Gnistbanen meget langsomt, saa er Gnistspændingen V_g indenfor vide Grænser uafhængig af Ionisationstilstanden.

Paavirkes Gnistbanen kun derimod af et kortvarigt Spændingsstød saa er den maksimale Spænding V_m højere end den ovenfor omtalte normale Gnistspænding V_g og Forholdet V_m/V_g er desto større, jo mere kortvarig Spændingsstødet er. Dette Forhold viser, at Gnistdannelsen tager en vis Tid. Denne Forsinkelse synes at falde i to Dele: en regulær og en irregulær Del.

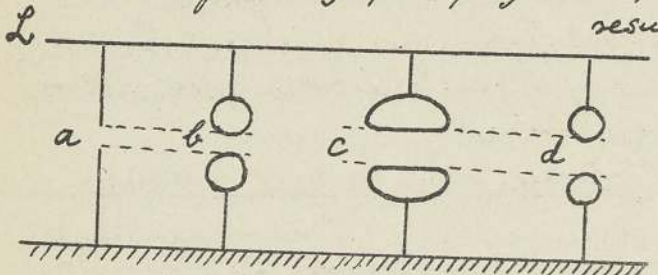
Den regulære Forsinkelse er i Hovedsagen kun afhængig af Elektrodernes Form og Størrelse. For Kugleelektroder, hvis Afstand er lille i Forhold til deres Diameter er denne Forsinkelse meget ringe, saaledes at V_m/V_g for saadanne Elektroder meget nær er lig med 1. Forsinkelsen er derimod relativ stor for spidse Elektroder (Naale). Ved meget kortvarige Spændingsstød (meget høje Frekvenser) kan Forholdet V_m/V_g nær naa op til Værdien 3 à 4.

Denne regelmæssige Forsinkelse skyldes antagelig, at Gnisten først fremkommer efter at visse forberedende Ionisationer har fundet Sted (Coronadannelser og lign.).

Den irregulære Forsinkelse synes i høj Grad at være afhængig af, hvorvidt der i Gnistrummet i Forvejen findes Ioner eller ikke. Jo flere Ioner der findes, desto kortere er denne Forsinkelse, der iøvrigt kan variere stærkt fra Gang til Gang. Ogsaa denne Forsinkelse er som Regel ringe ved Kugleelektroder med relativ ringe Afstand fra hinanden, medens den ved Spidselektroder kan antage relativ store Værdier. Ved kunstig Ionisation (ultraviolet Lys, Røntgenstraaler, Ra-

dium) kan man bringe denne Forsinkelse til praktisk talt at forsvinde.

Paa Grundlag af det foregaaende forstaas følgende Forsøgsresultater:



En langsomt voksende Spænding slaar altid over ved a, et kortvarigt Spændingsstød som Regel ved b, c eller d.

Et meget kortvarigt Stød hyppigere ved c end ved d.

Pl. O. Fig 1 og Fig 3. Termioner. Naar et Legeme opvarmes stærkt, vil det udsende Tomer, og ved meget høj Temperatur fortrinsvis Elektroner. Figuren viser skematisk, hvorledes dette kan iværksættes, idet Apparatet tænkes anbragt i Vacuum. Den Mængde af Elektroner, der saaledes passerer fra P til O, vil vokse stærkt med Temperaturen af P som vist f. Eks for Kul paa Fig 3. Den positive Strøms Retning er fra O til P.

Pl. O. Fig 2. Mætningsstrømmen i Vacuum. Strømmen vil vokse med Spændingen som vist, indtil man naar Mætningsstrømmen svarende til den herskende Temperatur. Ved Mætningsstrømmen forstaas den absolut største Strøm, som faas, naar samtlige Elektroner passerer fra P til O og Størrelsen af denne afhænger altsaa kun af det Antal Elektroner, der frigøres ved P, altsaa af dennes Temperatur.

Pl. O. Fig 4. Mætningsstrøm og Stødionisation i fortyndet Luft. En lignende Kurve faas som vist, naar Elektroderne befinder sig i Luft, men Strømmen vil for højere Værdier af Spændingen atter stige stærkt paa Grund af Stødionisation ved de højere Feltintensiteter.

Pl. O. Fig 5. Grænsestrømmen for en vis, given Spænding. Den maksimale Strøm vil afhænge af Spændingen mellem Elektroderne. Opvarmes P i Fig 1 stadig mere og mere, saa vil der stadig frigøres flere og flere Elektroner, og disse vil vandre over mod O, men de herved fremkomne frie Ladninger i Rummet mellem P og O vil sam-

lidig deformere Feltet saaledes, at den Kraft, der paavirker Elektronerne, bliver mindre, jo flere frie Elektroner der findes mellem P og O. Strømmen vil ophøre at voxe yderligere, naar Antallet af Elektroner, altsaa de frie Ladninger mellem P og O, netop er tilstrækkeligt til at kompensere Feltet saaledes, at dette ved P bliver Nul. Figuren viser Kurverne for Termionstrømmen for forskellige Værdier af V. Gøres V tilstrækkelig stor, vil man til sidst naa op til Mætningsstrømmen.

Pl. O. Fig 6. Fordeling af Potential, elektrisk Kraft og Ladning mellem P og O i Fig. 1.

(I Figuren f. n. $q_x = q_0$ rettes til $q_x = -q_0$; I Ligning (2) rettes til $\frac{d\mathfrak{E}_x}{dx} = -\frac{d^2V_x}{dx^2}$

Ligning (2) faas ifølge Pl. N. Fig 4. Ligning (9) og (10).

ad 2): [Første Ligning skal rettes til $q_x = -q_0$].

Man har: $-\frac{d\mathfrak{E}_x}{dx} = 4\pi q_0$, hvoraf: $-\mathfrak{E}_x = \frac{dV_x}{dx} = 4\pi q_0 \cdot x + C_1$

$$V_x = 2\pi q_0 \cdot x^2 + C_1 \cdot x + C_2$$

$x = 0$; $V_x = 0$ giver: $C_2 = 0$

$x = a$; $V_x = a$ giver: $V_a = 2\pi q_0 \cdot a^2 + C_1 \cdot a$; $C_1 = \frac{V_a}{a} - 2\pi q_0 \cdot a$

og altsaa: $-\mathfrak{E}_x = -2\pi q_0 (a - 2x) + \frac{V_a}{a}$ ... (4)

og: $V_x = -2\pi q_0 \cdot x(a - x) + V_a \cdot \frac{x}{a}$ ... (5)

ad 3): Første Ligning (6) faas af Pl. N. Fig 4. Ligning (2) ved at sætte $V_0 = 0$.

ad 9): [I Ligning (8) mangler paa højre Side Tælleren $\frac{dV_x}{\sqrt{V_x}}$].

af (8) faas: $d\left(\frac{dV_x}{dx}\right)^2 = 4\pi i \sqrt{\frac{2m}{e}}\, V_x^{-\frac{1}{2}} \cdot dV_x$

$$\left(\frac{dV_x}{dx}\right)^2 = 8\pi i \sqrt{\frac{2m}{e}} \sqrt{V_x} \quad \ldots (9)$$

ad 11):

af (10) faas: $V_x^{-\frac{1}{4}} dV_x = \sqrt{8\pi i \sqrt{\frac{2m}{e}}}\, dx$

$\frac{4}{3} V_x^{\frac{3}{4}} = \sqrt{16\pi i \sqrt{\frac{m}{2e}}} \cdot x$ da $C = 0$

$$V_x^{\frac{3}{2}} = 9\pi i \sqrt{\frac{m}{2e}}\, x^2 \quad \ldots (11)$$

Ved at indsætte (12); (11) faas (14) og ved Differentiation af (14) faas (13). Ligning (15) faas ved Differentiation af (13) og Indsætning i (6). Grænse-

Strømmen er ifølge (12) proportional med $V_a^{\frac{3}{2}}$. Dette Resultat gælder almindeligt (se (22)).

Disse Forhold benyttes allerede i Praksis f. Øjeb. til Telefonforstærkere. Man kan nemlig mellem K og A indskyde et Metaltraadsnet med tynde Traade saaledes, at kun forholdsvis faa af Elektronerne ramme Traadene, medens de fleste gaar igennem Nettets Huller. Ved at variere dette Nets Potential kan man variere Strømmen meget kraftigt og da Kapaciteten af Nettet kan gjøres meget lille, kan man med meget smaa Energiindbydelser og smaa Variationer af Potentialet opnaa store Variationer af den langt større Energiindbydelse, der overføres mellem Elektroderne. Betingelsen for, at man kan benytte et saadant Apparat, er blot, at man forfrisker Elektronerne ved K og dette opnaas ved at danne K af en hvidglødende Wolframtraad. Vanskeligheden ved Methoden ligger blot i, at man maa have et meget højt Vacuum for ikke at faa for mange forstyrrende positive Ioner.

Litteratur:

O. W. Richardson: The emission of electricity from hot bodies. Longmans, Green & Co. London 1916.

Pl. T. Buens Elektronteori. Angaaende Forklaring til denne Plan se:

P. O. Pedersen: Oversigt over den elektriske Bues Elektronteori. (Sætstryk af „Elektroteknikeren" 1917)

Pl. Q. Faldende Karakteristik. Duddell-Buen.

Kurven Fig 1. viser, at Buen har en saakaldt faldende Karakteristik, idet Spændingen synker, naar Strømmen stiger. Buen kan altsaa paa en Maade opfattes som en negativ Modstand. Hvis man indskyder et Ampèremeter og et Voltmeter med Nulpunktsfejl saaledes, at de begge viser Nul ved Tilstanden P i Fig 2, saa vil Voltmeteret vise en negativ Spænding, naar Strømmen bliver positiv og Ampèremeteret en negativ Strøm, naar Spændingen bliver positiv.

Naar man nu tegner den stiplede Linie som vist paa Fig 1., saa ses det, at der

er ligevægt i Punkterne P_1 og P_2, idet her Summen af Spændingsfaldene Modstanden og i Buen nøjagtig er lig med V_0. Men Tilstanden i P_1 er labil, idet en lille Forøgelse i Strømmen straks vil medføre en yderligere Stigning i Strømmen indtil Punktet P_{max}; i dette Punkt er Tilstanden stabil.

Det antages, at R_0 og navnlig L_0 i Fig 2 er saa store, at J_0 kan anlages at være konstant. Endvidere antages det, at K kan betragtes som en Konstant indenfor det betragtede Interval. Strøm og Spænding vil da ligge som vist paa Fig. C., idet Spændingen er i Modfase til Strømmen.

Ligning (6) i Fig. 3. er ganske analog med Formel (2) Pl. A. Fig 5 og maa altsaa ogsaa have en lignende Løsning (7), (8) og (9).

ad Ligning (9).

Forudsætningen for Teoriens Rigtighed var, at K kunde regnes konstant. I Virkeligheden bliver K mindre, naar Strømmen vokser saaledes, at man ogsaa for $R+K<0$ vil naa en maksimal Værdi.

Duddell opnaaede i 1899 at faa Svingninger paa denne Maade. Dog var Frekvensen ikke særlig høj, allerede ved $\omega = ca.\ 2000$ var Intensiteten stærkt svækket og ved $\omega = ca.\ 40000$ var Svingningerne praktisk talt forsvundne.

Pl. A. Fig 5. Duddell viste, at denne Svækkelse hidrørte fra, at Buens Karakteristik forandres med Frekvensen som vist. Kurverne gennemløbes som vist ved Pilene svarende til, at medens Strømmen er voksende, er Elektroderne forholdsvis kolde saaledes, at Spændingsfaldet da er stort og omvendt, naar Strømmen er faldende.

Poulsen Buens Teori.

Angaaende Forklaring til Pl. A. Fig 7–11 og Plan R se:

P. O. Pedersen: Poulsen-Buens Virkemaade. (Særtryk af fysisk Tidsskrift XVIII 1918-1919). Efterfølgende Henvisninger gælder de Sidetallene i denne Afhandling.

ad Side 15–18: Medens Teorien Fig 3. Pl. A gælder for saa smaa Variationer, at K kan regnes konstant, saa betragtes her Svingninger, der er saa store, at de er netop ved at afbryde Strømmen. Spænding og Strøm vil da

forløbe som vist paa Fig. 7 Side 16. Som vist paa Fig 3 Pl. C, vil Spændingen være konstant lig med V_b, naar Strømmen er tilstrækkelig stor, men naar Strømmen synker ned mod Nul, vil Spændingen stige stærkt. Man betragter nu netop Svingninger, der er saa store, at de er lige ved at afbryde Strømmen, og det antages da, at J^0 er den Strømstyrke, for hvilken Spændingen begynder at naa op paa den stejle Karakteristik. Samtidig med at Spændingen stiger over e_b, vil da Strømmen yderligere synke under J^0.

Strømskemaet for Kredsen maa tænkes at være som vist paa Fig 1. Side 5.

ad Ligning (5) Side 16: At denne Ligning er rigtig følger af, at $di = di_1$

da: $i_1 = J_0 + i$ (Fig 1. Side 5)

Ligning (5) og (6) Side 16: Man sætter her:

$i_1 = -i_{10} - i_1'$; $i_1' = -i_{10} - i_1$ altsaa: $i = i_1 - J_0 = -i_{10} - J_0 - i_1' \cdots (a)$.

Ved at indføre $i = -i_{10} + J_0$ i Ligning (5) vil man faa $-e_1 = -e_b$ og ved at indføre Værdien for i af (a) faas altsaa:

$$-e_1 = -e_b - \left(L \cdot \frac{di_1'}{dt} + R \cdot i_1' + \frac{1}{C}\int i_1' dt\right) \cdots (6')$$

og heraf faas da umiddelbart Ligning (6).

Da Strømmen her er meget nær ved Nul, saa vil i_1' yderligere være en lille Størrelse. Derimod kan $\frac{di_1'}{dt}$, der betegner den Hastighed, hvormed i_1' varierer, godt have en endelig Størrelse. Ligning (6) kan derfor erstattes med (7) eller (8).

Side 17 Ligning (11): $J_m^{\,s} = J_m^{\,a} + i_{1h}'$.

$$i_{1h}' = J_m^{\,s} - J_m^{\,a} = J_m^{\,s} - J_m^{\,s} e^{-k\tau} = J_m^{\,s}(1 - e^{-\delta}) \sim J_m^{\,s}(1 - 1 + \delta) = J_m^{\,s}\delta \cdots (11)$$

Man maa nu indrette det saaledes, at Buen kan forandre sig saa hurtigt som muligt, f. Eks. i $^1/_{10}$ af en Periode. Perioden er f. Eks $^1/_{100000}$ Sek og Buen skal altsaa kunne følge Strøm og Spændingsvariationerne i Løbet af 10^{-6} Sek. (Amplitudeværdien af Toppen er mange Gange større end e_b).

Imidlertid lod Buen bestandig mellem Atomoxygenkugle i atmosfærisk Luft og da Varmeafledningen saaledes ikke er særlig god, vor denne Bue ret trog i sin Virkemaade.

Valdemar Poulsen indrettede Buen i et Rum fyldt med Brint, hvorved Varmeafledningen forøgedes betydeligt, og endvidere lavede han Anoden af et vandkølet Kobberrør. Herved blev Buen i Stand til at følge meget hurtigere Variationer end den almindelige Bue.
Det vilde imidlertid da kniber med at faa Spændingstoppen frem, da Kathoden vedblivende vil være modtagelig i den korte Tid, hvori Strømmen er lille. For at undgaa dette anbringes Buen da i et Magnetfelt som skitseret paa Fig. 1. Side 6.

Side 13-15. Forholdene ved Buens Slukning.

Her er antaget, at Svingningerne er saa store, at de netop afbryder Strømmen.
Ligning (1) Side 14: Naar Strømmen er afbrudt vil man nemlig have:

Buespænding = Kondensatorspænding - Spænding i Selvinduktionen.

og i Slukningsøjeblikket har man: $\frac{di}{dt} = tg\beta$.
Linierne c"f' og g'g" vil sandsynligvis forløbe lidt skrat, da Strømmen ikke pludselig kan forsvinde og igen opstaa.
I § 3. Side 18-21 er nu forklaret, hvorledes Magnetfeltet hjælper og dets Indflydelse paa Spændingstoppen ved Buens Slukning. Endelig er de samme Forhold behandlet eksperimentelt. Side 21-24.
Endelig er Side 26-38 givet en Oversigt over Magnetfeltets Indflydelse paa Buens Virkemaade.

Resonans.

Pl. IV. Fig 1. Inducerede Svingninger.

Det antages, at der i Kredsen induceres en EMK.

$$e = E_m \cos wt$$

Differentialligningen for da Formen (1). Sammenlign med ligning (2) Fig 5. Pl. II, hvor $e = 0$.
Naar tilstrækkelig lang Tid er forløbet, vil den kvasistationære Tilstand være indtraadt, idet da Egensvingningerne er døde hen. En Differentialligning som (1) vil som bekendt have en Løsning af Form som Leddet paa højre Side, altsaa: $q = Q_m \sin(wt + \varphi)$ ...(2)
For at bestemme Q_m indsættes (2) i (1) altsaa:

$\frac{dq}{dt} = \omega Q_m \cos(\omega t+\varphi)$; $\frac{d^2q}{dt^2} = -\omega^2 Q_m \sin(\omega t+\varphi)$,

som ved Indsætning i (1) giver:

$$\frac{\mathfrak{E}_m}{L}\cos\omega t = Q_m[(h^2-\omega^2)\sin(\omega t+\varphi)+2K\omega\cos(\omega t+\varphi)] \cdots (1')$$

Denne Ligning skal nu være en Identitet, altså:

for $\sin(\omega t+\varphi)=0$ d: $\varphi=-\omega t$ fås: $\frac{\mathfrak{E}_m}{L}\cos\varphi = 2K\omega Q_m$

" $\cos(\omega t+\varphi)=0$ d: $\varphi=\frac{\pi}{2}-\omega t$ " : $\frac{\mathfrak{E}_m}{L}\sin\varphi = (h^2-\omega^2)Q_m$.

Altså:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{h^2-\omega^2}{2K\omega} = \frac{\frac{1}{L\cdot C}-\omega^2}{2\omega\frac{R}{2L}} = \frac{\frac{1}{C}-L\omega^2}{\omega R} = \frac{1}{2}S\left(\frac{h}{\omega}\right)^2-\frac{1}{2}S = \frac{1}{2}S\left(\left(\frac{h}{\omega}\right)^2-1\right) = X \cdots (3)$$

(Paa Planen staar i Ligning (3) fuldstændig $L\left(\frac{h}{2}\right)^2$ i stedet for $\left(\frac{h}{\omega}\right)^2$)

og: $$\frac{\mathfrak{E}_m^2}{L^2} = Q_m^2[(h^2-\omega^2)^2+4K^2\omega^2].$$

$$Q_m = \frac{\mathfrak{E}_m}{L}\cdot\frac{1}{\sqrt{(h^2-\omega^2)^2+4K^2\omega^2}} = \frac{\mathfrak{E}_m}{2K\omega L}\cdot\frac{1}{\sqrt{1+x^2}} = \frac{\mathfrak{E}_m}{\omega R}\cdot\frac{1}{\sqrt{1+x^2}} \cdots (4)$$

Samt: $i=\frac{dq}{dt}$; $v=\frac{q}{C}$; $\mathfrak{J}_m = \omega Q_m$; $V_m = \frac{Q_m}{C}$.

Endelig har man for den overførte Effekt:

$$P = \tfrac{1}{2}\mathfrak{J}_m^2 R = \frac{\mathfrak{E}_m^2}{2R(1+x^2)}.$$

Ligning (5): Resonans. Af Udtrykkene for $\mathfrak{J}$ og P ses, at disse bliver max. for $x=0$. Af Formlen for i ses da, at med Hensyn til Strømmen opfører Kredsen sig ved Resonans ganske som om Selvinduktion og Kapacitet ophævede hinanden saaledes, at der kun var en Modstand i Kredsen. Dette gælder derimod ikke for Spændingens Vedkommende. Man har nemlig:

$$V_{m_m} = \frac{a_m}{C} = \frac{\mathfrak{E}_m}{R\omega C} = \frac{\mathfrak{E}_m\sqrt{L\cdot C}}{RC} = \mathfrak{E}_m\cdot\frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} \approx \frac{\pi\cdot\mathfrak{E}_m}{\delta}$$

Ifølge for $\delta=0{,}01$ fås altså $V_{m_m} \approx 300\cdot\mathfrak{E}_m$. Man kan altså komme op paa meget store Spændinger ved Resonans.

For Resonans har man $h=\omega$. I Nærheden af Resonans kan man da sætte:

$$h=\omega+s\cdot\omega \;;\; h^2=\omega^2+2s\cdot\omega^2 \text{ og altså:}$$

$$\mathfrak{Z} = \frac{1}{\sqrt{1+x^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{h^2-\omega^2}{2K\omega}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{2s\omega^2}{2K\omega}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{s\omega}{K}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{s\cdot 2\pi}{\delta}\right)^2}}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{s}{\frac{\delta}{(2\pi)}}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+s^2\cdot S^2}}$$

Hvis man f. Eks. bruger h som Abcisse og $\mathfrak{Z}$ som Ordinat, ses det, at man

kan faa meget skjelt forløbende Kurver:
Eks: For $S = 0$ faas $Z = 1$ og $h = w$, men allerede for $S = 0{,}01$ faas med $\delta = 0{,}01 : Z = \frac{1}{6}$ og $h = 1{,}01\,w$.
Saadanne Resonanskurver er nu vist paa Fig. 5. Det ses, at Kurven forløber skarpere jo mindre δ og altsaa jo større S er, saaledes, at Kredsen altsaa kun vil reagere kraftigt indenfor et meget lille Frekvensomraade.

Plan Pl. Fig 3. Denne Kurve er ens for alle Kredse. Dog vil Begyndelsespunktet af Kurven kunne variere, idet x ikke kan blive mindre end svarende til $h = 0$, altsaa: $|x| = \frac{w}{2K}$.

Pl. Fig 4. Resonanskurver. Af Formlerne over Figuren faas:
$Z^2 = 0{,}5$ for $(\sqrt{\frac{Lw}{r}} - 1)^2 \cdot S^2 = 1$ d: $\frac{h}{w} = \sqrt{\frac{Lw}{r}} = 1 \pm \frac{1}{S}$.
Det ses af Kurven, at Afstanden mellem disse to Punkter er $\frac{\delta}{\pi} \cong R\sqrt{\frac{C}{L}}$.
Heraf kan man altsaa bestemme R, naar C og L er kendte.
Modstanden R er nemlig ved højfrekvente Strømme et meget vanskeligt Begreb, der ofte nok saa meget afhænger af dederens Omgivelser som af dederen selv.

Ligning (9) Fig 1. Pl. Fig. For at faa Resonans for Spænding ved Variation af C skal man altsaa søge Maximum af:

$$V_{on} = \frac{E_m}{wCR} \cdot \frac{1}{\sqrt{1+x^2}}$$ eller Minimum af:

$$y = C\sqrt{1+x^2}.$$

$$y = \frac{C}{2Kw}\sqrt{(2Kw)^2 + (h^2-w^2)^2}$$

$$y' = \frac{1}{2Kw}\sqrt{\quad} + \frac{C}{2Kw} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{\quad}} \cdot 2(h^2-w^2)\,2h\frac{dh}{dC} = 0$$

Nu har man: $h = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$ og altsaa $\frac{dh}{dC} = \frac{1}{2}\frac{1}{C}\cdot\frac{1}{\sqrt{L\cdot C}} = -\frac{h}{2C}$

og altsaa faas:

$$(2Kw)^2 + (h^2-w^2)^2 = C \cdot \tfrac{1}{2}(h^2-w^2)\cdot 2h \cdot \frac{h}{2C}$$

$$(2Kw)^2 + (h^2-w^2)^2 = h^2(h^2-w^2)^2$$

$$(2Kw)^2 = (h^2-w^2)w^2$$

$$4K^2 = h^2 - w^2$$

man faar da: $\sqrt{1+x^2} = \sqrt{1+\left(\frac{h^2-w^2}{2Kw}\right)^2} = \sqrt{1+\left(\frac{2K}{w}\right)^2}$; $R = 2KL$; $C = \frac{1}{L\cdot h^2}$

altsaa: $\omega \mathfrak{C} R \sqrt{1+x^2} = \frac{2K\omega}{4K^2+\omega^2}\sqrt{1+\left(\frac{2K}{\omega}\right)^2} = \frac{2K}{\omega}\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{2K}{\omega}\right)^2}}$

og følgelig: $V_{m_m} = \frac{\omega}{2K}\sqrt{1+\left(\frac{2K}{\omega}\right)^2}\cdot \mathfrak{E}_m = \sqrt{1+\left(\frac{\omega}{2K}\right)^2}\cdot \mathfrak{E}_m = \mathfrak{E}_m\sqrt{1+\left(\frac{S}{2}\right)^2}$

Pl. C. Fig 6. Denne Figur viser de Resonanskurverne. Disse har ikke Maksimum samme Sted, da $\frac{I_m}{\omega}$ her varierer (9). For $S \gg 1$ faas Maksimum for $\frac{I_m}{\omega}$ som tidligere under Stromresonans.

Pl. C. Fig 7. Inducerede Svingninger for $e = \mathfrak{E}_m e^{-K_0 t}\cdot\cos\omega t$.

(I Planteksten er i ligningerne (7), (10) og (16) indløbet forskellige Tegl. Ligningerne skal være som de tilsvarende i nedenstaaende Tekst.)

Denne Form for den inducerede EMK er meget almindelig i Radiotelegrafien og Differentialligningen faar da Formen:

$$\mathfrak{L}\cdot\frac{d^2q}{dt^2} + R\frac{dq}{dt} + \frac{1}{\mathfrak{C}}q = \mathfrak{E}_m e^{-K_0 t}\cdot\cos(\omega t) \quad \cdots (1)$$

Denne Ligning løses ved, at man først løser den tilsvarende homogene Differentialligning, hvorved faas et Led af Formen:

$$q_2 = Q_{2m}\cdot e^{-Kt}\cdot\sin(\nu t + \varphi_2) \quad \cdots (2b)$$

idet man her: $K = \frac{R}{2\mathfrak{L}}$; $h = \frac{1}{\sqrt{\mathfrak{L}\cdot\mathfrak{C}}}$; $\nu = \sqrt{h^2 - K^2}$

Endvidere har Ligning (1) et partikulært Integral af Form som Leddet paa højre Side af Lighedstegnet, altsaa:

$$q_1 = Q_{1m}\cdot e^{-K_0 t}\sin(\omega t + \varphi_1) \quad \cdots (2a)$$

Den fuldstændige Løsning for altsaa Formen:

$$q = Q_{1m}e^{-K_0 t}\sin(\omega t+\varphi_1) + Q_{2m}e^{-Kt}\sin(\nu t+\varphi_2) \quad \cdots (2)$$

Konstanterne Q_{1m} og φ_1 er bestemt derved, at (2a) skal tilfredsstille (1) identisk. Af (2a) faas nu ved Differentiation:

$$\frac{dq_1}{dt} = -K_0 e^{-K_0 t}Q_{1m}\sin(\omega t+\varphi_1) + \omega e^{-K_0 t}Q_{1m}\cos(\omega t+\varphi_1) \quad \cdots (2'a)$$

$$\frac{d^2q_1}{dt^2} = K_0^2 e^{-K_0 t}Q_{1m}\sin(\omega t+\varphi_1) + K_0\omega e^{-K_0 t}Q_{1m}\cos(\omega t+\varphi_1)$$
$$-\omega^2 e^{-K_0 t}Q_{1m}\sin(\omega t+\varphi_1) - K_0\omega e^{-K_0 t}Q_{1m}\cos(\omega t+\varphi_1) \quad \cdots (2''a)$$

Ved at indsætte (2'a) og (2''a) i (1) faas da:

$$Q_{1m}e^{-K_0 t}\cdot\left[(K_0^2 - \omega^2 - 2KK_0 + h^2)\sin(\omega t+\varphi_1) - (2K_0\omega - 2K\omega)\cos(\omega t+\varphi_1)\right]$$

$$= \frac{\mathfrak{E}_m}{\mathfrak{L}}\cdot e^{-K_0 t}\cos\omega t \quad \cdots (1a)$$

Ligning (1a) skal nu være identisk tilfredsstillet for enhver Værdi af t og altså også for de specielle Værdier, der er givet ved $\sin(\omega t+\varphi_1)=0$ og $\cos(\omega t+\varphi_1)=0$.

$\cos(\omega t+\varphi_1)=0$ giver $\sin(\omega t+\varphi_1)=1$ og $\cos\omega t=\sin\varphi_1$

$\sin(\omega t+\varphi_1)=0$ giver $\cos(\omega t+\varphi_1)=1$ og $\cos(\omega t)=\cos\varphi_1$

Altså fås:

$$-(\omega^2-\nu^2-(K_0-K)^2)Q_{1m}=\frac{\vartheta_m}{L}\sin\varphi_1 \quad \ldots(1'a)$$

$$-2\omega(K_0-K)Q_{1m}=\frac{\vartheta_m}{L}\cos\varphi_1 \quad \ldots(1''a)$$

idet $h^2=\nu^2+K^2$

Ved Kvadrering og Addition af de to Ligninger fås da:

$$Q_{1m}=\frac{\vartheta_m}{L\cdot n} \quad \ldots(3)$$

idet $$n=\sqrt{[\omega^2-\nu^2-(K_0-K)^2]^2+4\omega^2(K_0-K)^2} \quad \ldots(3a)$$

For at bestemme Q_{2m} og φ_2 benytter man nu de Betingelser, der er givet ved Tilstanden i Begyndelsesøjeblikket. Q er denne bestemt ved: $q=0$ og $i=\frac{dq}{dt}=0$ for $t=0$

Saa indsættes disse Værdier i (2) og den heraf afledede:

$$i=\frac{dq}{dt}=-K_0Q_{1m}e^{-K_0t}\sin(\omega t+\varphi_1)+\omega Q_{1m}e^{-K_0t}\cos(\omega t+\varphi_1)$$
$$-KQ_{2m}e^{-Kt}\cdot\sin(\nu t+\varphi_2)+\nu Q_{2m}\cdot e^{-Kt}\cos(\nu t+\varphi_2) \quad \ldots(2')$$

$q=0$ til $t=0$ giver da:

$$Q_{1m}\sin\varphi_1+Q_{2m}\sin\varphi_2=0 \quad \ldots(2b)$$

$i=0$ til $t=0$ giver:

$$-K_0Q_{1m}\sin\varphi_1+\omega Q_{1m}\cos\varphi_1-KQ_{2m}\sin\varphi_2+\nu Q_{2m}\cos\varphi_2=0 \quad \ldots(2'b)$$

$$Q_{1m}\sin\varphi_1=-Q_{2m}\sin\varphi_2 \quad \ldots(2b)$$

$$Q_{1m}(\omega\cos\varphi_1-(K_0-K)\sin\varphi_1)=-\nu Q_{2m}\cos\varphi_2 \quad \ldots(2'b)$$

Ved Division fås da:

$$\frac{1}{\nu}\operatorname{tg}\varphi_2=\frac{\operatorname{tg}\varphi_1}{\omega-(K_0-K)\operatorname{tg}\varphi_1} \quad \ldots(5')$$

Ved Division af (1'a) og (1''a) findes:

$$\operatorname{tg}\varphi_1=\frac{\omega^2-\nu^2-(K_0-K)^2}{2\omega(K_0-K)} \quad \ldots(2c)$$

og ved at indsætte dette i (5') fås:

$$\operatorname{tg}\varphi_2 = \frac{\nu(\omega^2-\nu^2-(K_0-K)^2)}{2\omega(K_0-K)} \cdot \frac{2\omega}{2\omega^2-\omega^2+\nu^2+(K_0-K)^2} \quad \cdots (5')$$

$$\operatorname{tg}\varphi_2 = \frac{\nu}{K_0-K} \cdot \frac{\omega^2-\nu^2-(K_0-K)^2}{\omega^2+\nu^2+(K_0-K)^2} \quad \cdots (5)$$

Ved Kvadrering og Addition af (2a) og (2'b) faas:

$$Q_{1m}^2\left[\nu^2\sin^2\varphi_1 + (\omega\cos\varphi_1 - (K_0-K)\sin\varphi_1)^2\right] = \nu^2 Q_{2m}^2$$

$$Q_{1m}^2\left[\nu^2+(K_0-K)^2 - \nu^2\cos^2\varphi_1 - (K_0-K)^2\cos^2\varphi_1 + \omega^2\cos^2\varphi_1 - 2\omega(K_0-K)\sin\varphi_1\cos\varphi_1\right] = \nu^2 Q_{2m}^2$$

$$Q_{1m}^2\left[\nu^2+(K_0-K)^2+\cos\varphi_1\left[(\omega^2-\nu^2-(K_0-K)^2)\cos\varphi_1 - 2\omega(K_0-K)\sin\varphi_1\right]\right] = \nu^2 Q_{2m}^2$$

Her er den indvendige [ ] = 0 ifølge (2c) og altsaa faas:

$$Q_{1m}^2 \cdot \left[\nu^2+(K_0-K)^2\right] = Q_{2m}^2$$

$$Q_{2m} = -\frac{\sqrt{\nu^2+(K_0-K)^2}}{\nu} \cdot Q_{1m}$$

(Minus betyder kun Hensyn fra, at til $t=0$ hører man $q=0$ og de to Ladninger maa følgelig have modsat Tegn. Dette Endsige let ved specielt at sætte $K=K_0$, hvorved faas $\operatorname{tg}\varphi_1 = \operatorname{tg}\varphi_2 = \infty$, og altsaa: $q = e^{-K_0 t}(Q_{1m}\cos\omega t + Q_{2m}\cos\nu t)$
$q=0$ for $t=0$ giver da: $Q_{1m} = -Q_{2m}$):

Det fuldstændige Integral til dig. (1) er altsaa nu givet ved:

$$q = \frac{\vartheta_m}{\omega\cdot M}\left[e^{-K_0 t}\cdot\sin(\omega t+\varphi_1) - \frac{\sqrt{\nu^2+(K_0-K)^2}}{\nu}\cdot e^{-K_0 t}\cdot\sin(\nu t+\varphi_2)\right] \quad \cdots (6)$$

Dig. for Strømmen faas ved Differentiation af (6):

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{\vartheta_m}{\omega\cdot M}\left[\omega e^{-K_0 t}\cos(\omega t+\varphi_1) - K_0 e^{-K_0 t}\sin(\omega t+\varphi_1)\right.$$
$$\left. - \frac{\sqrt{\nu^2+(K_0-K)^2}}{\nu}\left(\nu e^{-K_0 t}\cos(\nu t+\varphi_2) - K_0 e^{-K_0 t}\sin(\nu t+\varphi_2)\right)\right]$$

$$i = \frac{\vartheta_m}{\omega\cdot M}\left[\sqrt{\omega^2+K_0^2}\cdot e^{-K_0 t}\cos(\omega t+\varphi_1+\theta_1) - \frac{\sqrt{\nu^2+(K_0-K)^2}}{\nu}\cdot h e^{-K_0 t}\cos(\nu t+\varphi_2+\theta_2)\right] \cdots (7)$$

idet $\operatorname{tg}\theta_1 = \frac{K_0}{\omega}$ og $\operatorname{tg}\theta_2 = \frac{K}{\nu}$ samt $h = \sqrt{\nu^2+K^2}$ $\cdots (8)$

For at bestemme den kredsen tilførte Energi:

$$W = \int_0^\infty 2R\,dt \quad \cdots (9)$$

her man Brug for følgende Integraler:

$$\alpha_1 = \varphi_1+\theta_1 \cdot {}_1A' = \int_0^\infty e^{-2K_0 t}\cos^2(\omega t+\alpha_1)\,dt \quad \cdots (a)$$

$$\alpha_2 = \varphi_2+\theta_2 \;,\; B' = \int_0^\infty e^{-2K t}\cos^2(\nu t+\alpha_2)\,dt \quad \cdots (b)$$

$$C' = \int_0^\infty e^{-(K_0+K)t}\cdot\cos(\omega t+\alpha_1)\cos(\nu t+\alpha_2)\,dt \quad \cdots (c)$$

og disse udregnes paa følgende Maade:

$$\int e^{-K_0 t}\cos(\omega t+\alpha_1)\,dt = \frac{1}{\omega}e^{-K_0 t}\sin(\omega t+\alpha_1) + \frac{K_0}{\omega}\int e^{-K_0 t}\sin(\omega t+\alpha_1)\,dt \quad \cdots (\underline{I})$$

$$\int e^{-K_0 t}\sin(\omega t+\alpha_1)\,dt = -\frac{1}{\omega}e^{-K_0 t}\cos(\omega t+\alpha_1) - \frac{K_0}{\omega}\int e^{-K_0 t}\cos(\omega t+\alpha_1)\,dt \quad \cdots (\underline{II})$$

Af $(\underline{I})$ og $(\underline{II})$ faas ved Elimination:

$$\frac{\omega^2+K_0^2}{\omega^2}\int e^{-K_0 t}\cos(\omega t+\alpha_1)\,dt = \frac{1}{\omega}e^{-K_0 t}\left(\sin(\omega t+\alpha_1) - \frac{K_0}{\omega}\cos(\omega t+\alpha_1)\right) \quad (\underline{III})$$

og altsaa:

$$\int e^{-K_0 t}\cos(\omega t+\alpha_1)\,dt = e^{-K_0 t}\cdot\frac{\omega\sin(\omega t+\alpha_1) - K_0\cos(\omega t+\alpha_1)}{\omega^2+K^2} \quad \cdots (\underline{IIII})$$

Heraf faas da:

$$A'' = \int e^{-2K_0 t}\cos^2(\omega t+\alpha_1)\,dt = \frac{1}{2}\int e^{-2K_0 t}\cdot dt + \frac{1}{2}\int e^{-2K_0 t}\cos 2(\omega t+\alpha_1)\,dt$$

idet $\cos^2\varkappa = \frac{1}{2}(1+\cos 2\varkappa)$

$$A'' = \div\frac{1}{4K_0}e^{-2K_0 t} + e^{-2K_0 t}\cdot\frac{2\omega\sin 2(\omega t+\alpha_1) - 2K_0\cos 2(\omega t+\alpha_1)}{2(4\omega^2+4K_0^2)}$$

$$A'' = \int e^{-2K_0 t}\cos^2(\omega t+\alpha_1)\,dt = \frac{1}{4}e^{-2K_0 t}\left(\frac{\omega\sin 2(\omega t+\alpha_1) - K_0\cos 2(\omega t+\alpha_1)}{\omega^2+K_0^2} - \frac{1}{K_0}\right) \quad (a')$$

$$B'' = \int e^{-2Kt}\cos^2(\gamma t+\alpha_2)\,dt = \frac{1}{4}e^{-2Kt}\left(\frac{\gamma\sin 2(\gamma t+\alpha_2) - K\cos 2(\gamma t+\alpha_2)}{\gamma^2+K_0^2}\cdot\frac{1}{K}\right) \quad (b')$$

$$C'' = 2\int e^{-(K_0+K)t}\cos(\omega t+\alpha_1)\cos(\gamma t+\alpha_2)\,dt = \int e^{-(K_0+K)t}\cdot\cos[(\omega+\gamma)t+\alpha+\alpha_2]\,dt + \int e^{-(K_0+K)t}\cdot\cos[(\omega-\gamma)t+\alpha_1-\alpha_2]\,dt$$

idet $\cos x\cos y = \frac{1}{2}\cos(x+y) + \frac{1}{2}\cos(x-y)$

For de bestemte Integraler med Grænserne 0 og ∞ faas da:

$$A' = \frac{1}{4K_0} - \frac{\omega\sin 2\alpha_1 - K_0\cos 2\alpha_1}{4(\omega^2+K_0^2)} \quad \cdots (a'')$$

$$B' = \frac{1}{4K} - \frac{\gamma\sin 2\alpha_2 - K\cos 2\alpha_2}{4(\gamma^2+K^2)} \quad \cdots (b'')$$

$$C' = \frac{(K_0+K)\cos(\alpha_1+\alpha_2) - (\omega-\gamma)\sin(\alpha_1+\alpha_2)}{(\omega+\gamma)^2+(K_0+K)^2} + \frac{(K_0+K)\cos(\alpha_1-\alpha_2) - (\omega-\gamma)\sin(\alpha_1-\alpha_2)}{(\omega-\gamma)^2+(K_0+K)^2} \quad (c'')$$

$$A' = \frac{1}{4K_0}\cdot\frac{\omega^2+K_0^2+2K_0^2\cos^2\alpha_1 - K_0^2 - K_0\omega\sin 2\alpha_1}{\omega^2+K_0^2}$$

$$A' = \int_0^\infty e^{-2K_0 t}\cos^2(\omega t+\alpha_1)\,dt = \frac{1}{4K_0}\cdot\frac{\omega^2+2K_0^2\cos^2\alpha_1 - K_0\omega\sin 2\alpha_1}{\omega^2+K_0^2} \quad \cdots (a)$$

$$B' = \int_0^\infty e^{-2Kt}\cos^2(\gamma t+\alpha_2)\,dt = \frac{1}{4K}\cdot\frac{\gamma^2+2K^2\cos^2\alpha_2 - K\gamma\sin 2\alpha_2}{\gamma^2+K^2} \quad \cdots (b)$$

$$C' = \int_0^\infty e^{-(K_0+K)t}\cdot\cos(\omega t+\alpha_1)\cos(\gamma t+\alpha_2)\,dt = \frac{\cos(\alpha_1+\alpha_2+\beta_2)}{\sqrt{(\omega+\gamma)^2+(K_0+K)^2}} + \frac{\cos(\alpha_1-\alpha_2+\beta_1)}{\sqrt{(\omega-\gamma)^2+(K_0+K)^2}} \quad \cdots (c)$$

$$\varphi'' = e^{-(K_0+K)t}\left[\frac{(\omega+\gamma)\sin[(\omega+\gamma)t+\alpha_1+\alpha_2] - (K_0+K)\cos[(\omega+\gamma)t+\alpha_1+\alpha_2]}{(\omega+\gamma)^2+(K_0+K)^2} + (\cdots\div\cdots)\right] \cdots (c')$$

idet $\operatorname{tg}\beta_2 = \frac{\omega+\nu}{K_0+K}$ og $\operatorname{tg}\beta_1 = \frac{\omega-\nu}{K_0+K}$.

For W fås nu følgende Udtryk:

$$W = \int_0^\infty i^2 R\,dl = \left(\frac{\vartheta_m}{L\cdot n}\right)^2 \cdot R\left[(\omega^2+K_0^2)A' + (\nu^2+K^2)B' \cdot \frac{\nu^2+(K_0-K)^2}{\nu^2} \div \frac{\sqrt{\nu^2+(K_0-K)^2}}{\nu}\sqrt{(\nu^2+K^2)(\omega^2+K_0^2)}\cdot C'\right]$$

idet $n = \sqrt{\nu^2+K^2}$.

Ved at indsætte Værdierne for A', B' og C' fås da:

$$W = \int_0^\infty i^2 R\,dl = \left(\frac{\vartheta_m}{L\cdot n}\right)^2 \cdot R\left[\frac{1}{4K_0}(\omega^2+2K_0^2\cos^2\alpha_1 - K_0\omega\sin 2\alpha_1) \div \right.$$

$$\div \frac{\nu^2+(K_0-K)^2}{\nu^2}\cdot\frac{1}{4K}(\nu^2+2K^2\cos^2\alpha_2 - K\nu\sin 2\alpha_2) - \frac{\sqrt{\nu^2+(K_0-K)^2}}{\nu}\sqrt{(\nu^2+K^2)(\omega^2+K_0^2)}\cdot($$

$$\left.\cdot\left(\frac{\cos(\alpha_1+\alpha_2+\beta_2)}{\sqrt{(\nu+\omega)^2+(K_0+K)^2}} + \frac{\cos(\alpha_1-\alpha_2+\beta_1)}{\sqrt{(\omega-\nu)^2+(K_0+K)^2}}\right)\right]$$

I Nærheden af Resonans kan man nu sætte:

$$\nu = \omega(1+s), \text{ hvor } s<<1$$

og endvidere har man i Almindelighed: $K<<\nu$; $K_0<<\omega$.

Man får da: $\operatorname{tg}\theta_1 = \frac{K_0}{\omega} << 1$ og $\operatorname{tg}\theta_2 = \frac{K}{\nu} << 1$.

$$\operatorname{tg}\varphi_1 = \frac{\omega^2-\nu^2-(K_0-K)^2}{2\omega(K_0-K)} = \frac{\omega^2-\omega^2(1+2s)-(K_0-K)^2}{2\omega(K_0-K)} \div \frac{2s\omega^2+(K_0-K)^2}{2\omega(K_0-K)}$$

$$\operatorname{tg}\varphi_2 = \frac{\nu}{K_0-K}\cdot\frac{\omega^2-\nu^2-(K_0-K)^2}{\omega^2+\nu^2+(K_0-K)^2} \div \frac{\omega(1+s)}{K_0-K}\cdot\frac{2s\omega^2+(K_0-K)^2}{2\omega^2(1+s)} \div \frac{2s\omega^2+(K_0-K)^2}{2\omega(K_0-K)} \div \operatorname{tg}\varphi_1.$$

$$\operatorname{tg}\beta_1 = \frac{\omega-\nu}{K_0+K} = -\frac{s\omega}{K_0+K} \qquad \operatorname{tg}\beta_2 = \frac{\omega+\nu}{K_0+K} >> 1.$$

Altså: $\cos(\alpha_1+\alpha_2+\beta_2) \simeq 0$; $\cos(\alpha_1-\alpha_2+\beta_1) \simeq \cos\beta_1 = \frac{K_0+K}{\sqrt{s^2\omega^2+(K_0+K)^2}}$

Ved at indsætte dette i Udtrykket for W fås:

$$W = \left(\frac{\vartheta_m}{L\cdot n}\right)^2 \cdot R\left[\frac{\omega^2}{4K_0} + \frac{\omega^2(1+2s)}{4K} - \omega^2(1+s)\frac{K_0+K}{s^2\omega^2+(K_0+K)^2}\right]$$

$$W = \left(\frac{\vartheta_m}{L\cdot n}\right)^2 \cdot R\,\frac{K\omega^2(s^2\omega^2+(K_0+K)^2) + K_0\omega^2(s^2\omega^2+(K_0+K)^2) - 4KK_0\omega^2(K_0+K)}{4KK_0(s^2\omega^2+(K_0+K)^2)}$$

$$W = \left(\frac{\vartheta_m}{L\cdot n}\right)^2 \cdot R\,\frac{\omega^2(K_0+K)(s^2\omega^2+(K_0+K)^2 - 4KK_0)}{4KK_0(s^2\omega^2+(K_0+K)^2)}$$

$$W = \left(\frac{\vartheta_m}{L\cdot n}\right)^2 \cdot R\,\frac{\omega^2(K_0+K)(s^2\omega^2+(K_0-K)^2)}{4KK_0(s^2\omega^2+(K_0+K)^2)}$$

Men nu har man endvidere:

$$\mathfrak{N}^2 = [w^2 - \gamma^2 - (K-K_0)^2]^2 + 4w^2(K_0-K)^2 = (2sw^2 - (K_0-K)^2)^2 + 4w^2(K_0-K)^2$$

$$\mathfrak{N}^2 = 4s^2w^4 + 4w^2(K_0-K)^2 = 4w^2(s^2w^2 + (K_0-K)^2).$$

Ved at indsætte dette i Udtrykket for W faas:

$$W = \frac{\mathfrak{J}_{0m}^2}{l^2} \cdot R \frac{K_0+K}{16KK_0(s^2w^2+(K_0+K)^2)}$$

og endelig faas, idet $\frac{R}{l} = 2K$ og $s^2w^2 = (w-\gamma)^2$:

$$W = \frac{\mathfrak{J}_{0m}^2 (K_0+K)}{8lK_0[(w-\gamma)^2+(K_0+K)^2]} \quad \cdots\cdots (16)$$

For Resonans har man: $w = \gamma$ og altsaa:

$$W_{max} = \frac{\mathfrak{J}_{0m}^2}{8lK_0(K_0+K)} \quad \cdots\cdots (11)$$

For Tidsintegralet af Spændingens Kvadrat faas af Ligning (a) for $\alpha_1 = 0$:

$$A = \int_0^\infty e^2 dt = \int_0^\infty \mathfrak{J}_{0m}^2 \cdot e^{-2Kt} \cos^2 wt\, dt = \mathfrak{J}_{0m}^2 \frac{w^2+2K^2}{4K(w^2+2K^2)} = \frac{\mathfrak{J}_{0m}^2}{4K} \quad \cdots (16)$$

Pl. 8. Fig 8. Tilfældet $\gamma = w$. Man faar her for $K \ll w$ $K_0 \ll \gamma$:

$$\operatorname{tg}\varphi_1 = \operatorname{tg}\varphi_2 = -\frac{K_0-K}{2w} \ll 1. \quad Q_{1m} = -Q_{2m}$$

og altsaa: $q = Q_{1m} \sin wt\,(e^{-K_0 t} - e^{-Kt})$

Den egentlige Svingning er altsaa en ren Sinussvingning og Amplitudekurven er: $y = e^{-K_0 t} - e^{-Kt}$.

For denne har man da $y = 0$ for $t = 0$ og $t = \infty$.

Maximum af y er givet ved:

$$\frac{dy}{dt} = -K_0 \cdot e^{-K_0 t} + Ke^{-Kt} = 0$$

$$e^{(K_0-K)t} = \frac{K_0}{K}$$

$$(K_0-K)t = lK_0 - lK \;;\quad t = \frac{lK_0 - lK}{K_0-K}$$

Pl. 8. Fig 9. Tilfældet $\gamma \neq w$. For $K = K_0$ faas her:

$$\operatorname{tg}\varphi_1 = \operatorname{tg}\varphi_2 = \infty \quad \varphi_1 = \varphi_2 = \frac{\pi}{2} \quad Q_{1m} = -Q_{2m} \text{ og altsaa:}$$

$$q = Q_{1m} \cdot e^{-K_0 t}(\cos wt - \cos \gamma t) = 2Q_{1m} e^{-K_0 t} \sin \tfrac{1}{2}(w+\gamma)t \sin \tfrac{1}{2}(w-\gamma)t.$$

Den egentlige Svingning er altsaa her ogsaa en Sinussvingning, nemlig $2Q_{1m} \sin \frac{1}{2}(w+\gamma)t$, men desuden er ogsaa Amplitudekurven en Sinuskurve med logaritmisk aftagende Amplitude: $y = e^{-K_0 t} \cdot \sin \frac{1}{2}(w-\gamma)t$.

Svingningstiden for den egentlige Svingning er:

$$t_1 = \frac{2\pi}{\frac{1}{2}(\omega+\nu)}$$

medens Svingningstiden for Amplitudekurven er:

$$T = \frac{2\pi}{\frac{1}{2}(\omega-\nu)} .$$

Paa Figuren er nu $T = 12\, t_1$ og altsaa:

$$\omega+\nu = 12\,(\omega-\nu)$$

$$11\omega = 13\nu .$$

Ovenstaaende Fænomen kan f. Eks. iagttages paa en Tungefrekvensmaaler, naar der pludselig sættes en Vekselspænding paa.

Pl. 8. Fig 10. Egensvingninger i en Kreds med Afledning.

Dette Tilfælde har ofte praktisk Betydning, da alle de i Praksis benyttede Kondensatorer har Afledning (Glimmer, Glas, Papir o.l.). Kun Luftkondensatoren kan betragtes som tilnærmet ideel.

Man har her den almindelige Ligning:

$$L\cdot\frac{di}{dt} + R\cdot i + \frac{q}{C} = 0 \quad \ldots (1')$$

men her er nu: $\frac{dq}{dt} = i - \frac{q}{C}\cdot A \quad \ldots (2')$

Man differentierer nu (1') og indsætter (2'), hvorved faas:

$$L\cdot\frac{d^2i}{dt^2} + R\cdot\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\left(i - \frac{q}{C}A\right) = 0 \quad \ldots (1'')$$

Dernæst elimineres q mellem (1'') og (1'):

$$L\cdot\frac{d^2i}{dt^2} + R\frac{di}{dt} + \frac{i}{C} = \frac{A}{C}\cdot\frac{q}{C} \quad \ldots (1'')$$

$$L\cdot\frac{di}{dt} + R\cdot i + \frac{C\cdot L}{A}\cdot\frac{d^2i}{dt^2} + \frac{R\cdot C}{A}\cdot\frac{di}{dt} + \frac{i}{A} = 0 \quad \ldots (1')$$

$$\frac{d^2i}{dt^2} + \left(\frac{R}{L} + \frac{A}{C}\right)\frac{di}{dt} + \left(\frac{1}{L\cdot C} + \frac{R\cdot A}{L\cdot C}\right)\cdot i = 0 \quad \ldots\ldots (1)$$

Analogt med det foregaaende sætter man nu k' lig med det halve af Koefficienten til $\frac{di}{dt}$, altsaa:

$$k' = \frac{R}{2L} + \frac{A}{2C} = k + \frac{A}{2C} \quad \ldots\ldots (2)$$

Endvidere har man $k'^2 = \frac{1}{L\cdot C} + \frac{R\cdot A}{L\cdot C}$ og altsaa:

$$\nu' = \sqrt{\frac{1}{L\cdot C} + \frac{A\cdot R}{L\cdot C} - \left(\frac{R}{2L} + \frac{A}{2C}\right)^2} = \sqrt{\frac{1}{L\cdot C} - \left(\frac{R}{2L} - \frac{A}{2C}\right)^2} \quad \ldots\ldots (3)$$

(Paa Planen staar fejlagtig + i Stedet for ÷)

I „Telefonledningernes Teori" er omtalt, at man ofte kan sætte:

$$\frac{A}{w \cdot \varrho} = \text{Konst} = \gamma$$

hvor γ er en ren Materialekonstant og altsaa faas:

$$\delta' = \frac{2\pi K'}{\nu'} = \frac{2\pi K}{\nu'} + \frac{2\pi A}{2\nu' \varrho} = \delta + \pi \gamma$$

Naar man i en Kreds hor en Kondensator med Afladning, saa bliver δ forøget med $\pi \cdot \gamma$, altsaa med en Konstant, der er uafhængig af Kondensatorens Størrelse o. l. geometriske Egenskaber og kun afhængig af Kondensatorens Materiale.

Pl. 8. Fig 11. Aperiodisk Udladning af en Kondensator.

Dette Tilfælde er omtalt tidligere (Side 2). Man fandt da:

$$q = Q_1 e^{(-K+\sqrt{K^2-k^2})t} + Q_2 e^{-(K+\sqrt{K^2-k^2})t}$$

Ved at benytte de givne Betingelser faas:

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 \quad \text{og} \quad 0 = Q_1(-K+\sqrt{K^2-k^2}) - Q_2(K+\sqrt{K^2-k^2}),$$

og altsaa: $Q_0(-K+\sqrt{K^2-k^2}) = Q_2 \cdot 2\sqrt{K^2-k^2}$

$$Q_2 = \frac{Q_0}{2}\left(1 - \frac{K}{\sqrt{K^2-k^2}}\right) \qquad Q_2 = \frac{Q_0}{2}\left(1 + \frac{K}{\sqrt{K^2-k^2}}\right)$$

Ved at indsætte disse faas da Ligning (1).

Ved Differentiation af (1) faas:

$$i = \frac{dq}{dt} = -\frac{Q_0}{2} \cdot \frac{k^2}{\sqrt{K^2-k^2}} \cdot e^{(-K+\sqrt{K^2-k^2})t} + \frac{Q_0}{2} \cdot \frac{k^2}{\sqrt{K^2-k^2}} \cdot e^{-(K+\sqrt{K^2-k^2})t}$$

Hvoraf ved Sammentrækning faas (2).

For $R = 2\varrho$ $(K = k)$ kan man finde Udtrykkene (3) og (4) ved i (1) og (2) at erstatte $e^{t\sqrt{K^2-k^2}}$ med $(1 + t\sqrt{K^2-k^2})$ da $\sqrt{K^2-k^2}$ er meget lille, og naar dette er gjort, kan man gaa til Grænsen og sætte $K = k$, hvorved faas (3) og (4)

Man kan og saa gaa frem paa følgende Maade: Da 2-Grads Ligningen til Bestemmelse af Koefficienten til t for Dobbeltroden $\div K$, saa bliver den fuldstændige Løsning af Differentialligningen:

$$q = Q_1 e^{-Kt} + Q_2 \cdot t \cdot e^{-Kt}$$

Med de givne Betingelser faas da idet: $\frac{dq}{dt} = -KQ_1 e^{-Kt} + Q_2 e^{-Kt} \div kQ_2 t \cdot e^{-Kt} \quad \ldots (4')$

$$Q_0 = Q_1 \qquad 0 = -KQ_1 + Q_2$$

og altsaa: $q = Q_0 \cdot e^{-Kt} \cdot (1 + Kt) \cdot \cdots\cdots (3)$

og af (4') idet de to første Led hæver hinanden:

$$i = \frac{dq}{dt} = -Q_0 \cdot K^2 \cdot t \cdot e^{-Kt} \cdot \cdots (4)$$

Pl. F. Fig 1. Inducerede Vekselstrømmes Optræden.

Ligning (1) fremkommer som et specielt Tilfælde af ligning (2) Fig 1 Pl. B, idet man her betragter Tilstanden inden Svingningen er død hen. $i = 0$ til $t = 0$ giver:

$$\frac{\partial_{em}}{R} \cdot \frac{1}{\sqrt{1+x^2}} \cdot \sin\varphi = -\mathfrak{J}_0' \sin\alpha .$$

$\frac{di}{dt} = 0$ til $t = 0$ giver: $\frac{\partial_{em}}{R} \cdot \frac{1}{\sqrt{1+x^2}} \cdot \cos\varphi + \mathfrak{J}_0' k \sin\alpha + \mathfrak{J}_0' \nu \cos\alpha = 0$

eller: $$\frac{\partial_{em}}{R} \cdot \frac{1}{\sqrt{1+x^2}} (w\cos\varphi + k\sin\varphi) = -\mathfrak{J}_0' \nu \cos\alpha$$

hvoraf: $$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\nu \sin\varphi}{w\cos\varphi + k\sin\varphi} = \frac{\nu \operatorname{tg}\varphi}{w + k\operatorname{tg}\varphi}$$

$$\operatorname{tg}\nu = \frac{\frac{\nu(h^2-w^2)}{2wk}}{w + \frac{h^2-w^2}{2w}} = \frac{\nu(h^2-w^2)}{k(h^2+w^2)} \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

og endvidere: $$\left(\frac{\partial_{em}}{R} \cdot \frac{1}{\sqrt{1+x^2}}\right)^2 (\nu^2\sin^2\varphi + w^2\cos^2\varphi + k^2\sin^2\varphi + 2kw\sin\varphi\cos\varphi) = \nu^2 \mathfrak{J}_0'^2$$

$$\left(\frac{\partial_{em}}{R} \cdot \frac{1}{\sqrt{1+x^2}}\right)^2 (h^2 + \cos\varphi(2kw\sin\varphi - (h^2-w^2)\cos\varphi)) = \nu^2 \mathfrak{J}_0'^2$$

Nu er imidlertid $2kw\sin\varphi - (h^2-w^2)\cos\varphi = 0$ ifølge ligningen $\operatorname{tg}\varphi = x = \frac{h^2-w^2}{2kw}$ og altså også:

$$\mathfrak{J}_0' = -\frac{h}{\nu} \cdot \frac{\partial_{em}}{R} \cdot \frac{1}{\sqrt{1+x^2}}$$

Ved at indsætte dette i (1) fås da (2).

Af Betingelsen $w = h = \nu$ fås da umiddelbart:

$x = \operatorname{tg}\varphi = 0$ og $\operatorname{tg}\alpha = 0$ altså $\alpha = 0, \varphi = 0$ hvorved fås (3).

Pl. F. Fig 2 og Fig 3. Fig 2 illustrerer Formel (3) hvor $w = h = \nu$, medens Fig. 3 illustrerer Formel (2), hvor $w \neq h$.

Pl. F. Fig 4 og Fig. 5. Stødstrømmen af en Vekselstrøm i en Traadrulle med Modstand. Første Led i (2) er den almindelige Ligning for Strøm gennem en Selvinduktion. Sidste Led er den aperiodiske Svingning og fås umiddelbart af (1) ved at sætte $e = 0$. For $i = 0$ til $t = 0$ fås da:

$$i_1 = \frac{\partial_{em}}{\sqrt{R^2+w^2l^2}} \sin\varphi = \frac{\partial_{em}}{\sqrt{R^2+w^2l^2}} \cdot \frac{wl}{\sqrt{R^2+w^2l^2}}, \text{ hvorved fås (3).}$$

Det ses heraf, at naar R er tilstrækkelig lille i Forhold til wl, fås til at begynde med kun Strøm gennem Traadrullen i en Retning som vist paa Fig. 5.

Energiens Udstraaling. Den hidtil omtalte Kreds med en Selvinduktion og en Kapacitet i Serie, og hvor det elektromagnetiske Felt eksisterer for sig og det elektrostatiske for sig, vil saa at sige slet ikke udstraale Energi og kan derfor ikke tjene til Energiens Udsendelse (Radiation). Spørgsmaalet om Energiens Udstraaling er først løst teoretisk af Hertz, der ved Behandlingen af Spørgsmaalet gik ud fra to smaa Kugler, forbundet med en Ledning saaledes, at Elektriciteten svinger frem og tilbage mellem Kuglerne gennem Ledningen. Den eksakte Behandling af Spørgsmaalet er imidlertid ret indviklet, og her skal derfor kun behandles nogle enkelte simple Tilfælde for at anskueliggøre Forholdene.

Pl. G. Fig. 1. Et Strømstøds Bevægelse ud ad en modstandsfri Leder. Ligning (3) skal hedde: $v \cdot V \cdot C = J$ ..... (3).

Af (1) og (3) faas: $v \cdot Z \cdot C = 1$ (3'). Ligning (5) faas af Ligning (4) ved Hjælp af (3'). Ligning (5) udtrykker, at den elektromagnetiske Energi og den elektrostatiske Energi er lige store, hvilket vil være Tilfældet for enhver Bølgebevægelse. Ligning (6) faas af Ligning (5) ved Hjælp af (1). Ligning (7) faas da af (3') ved Hjælp af (6).

For Ledningen har man: $\frac{R}{L} = \frac{A}{C} = 0$, da $R = A = 0$, d: Ledningen er forvrøvningsfri. Der sker i dette Tilfælde kun en Flytning af Energien, medens intet Tab af elektromagnetisk Energi finder Sted. Fænomenet kan betragtes som en Straaling, ud langs Lederen, der har en Straalingsmodstand Z.

Pl. G. Fig. 2. Fremstillen Forholdene ved en Vekselstrøms „Straaling" ud langs Lederen. Den moderne Opfattelse af elektrisk Strøm i det hele taget er, at Lederen kun dirigerer Retningen af Energien, medens

denne selv egentlig findes i Form af elektromagnetisk Feltenergi udenfor Lederen.

Pl. G. Fig. 3. Elektromagnetiske Bølgers Bevægelse mellem to plane, baandformede Ledere. Poyntings Sætning. Naar $d << b$, kan man antage det elektrostatiske Felt mellem de to Baand for homogent, idet man ser bort fra Forholdene ved Randene. I det b og d maales i cm, bliver Arealet af hvert af Baandene: $b \cdot 10^5$ cm²/km, og Kapaciteten:

$$C = \frac{b \cdot 10^5}{4\pi \cdot d} \text{ cm/km.} = \frac{b \cdot 10^5}{4\pi \cdot d} : (9 \cdot 10^{11}) \text{ F/km} = \frac{b \cdot 10^{-6}}{36\pi \cdot d} \text{ F/km.}$$

Den magnetiske Feltstyrke i Mellemrummet mellem Baandene er med Tilnærmelse givet ved:

$$H = \frac{1}{10} 4\pi \frac{I}{b}. \quad \text{(Fig. III).}$$

Selvinduktionskoefficienten er da givet ved:

$$\frac{1}{10} L \cdot I = H \cdot d \cdot 10^5. \quad L = 4\pi \frac{d}{b} \cdot 10^5 \text{ abs. em. E/km.}$$

$$L = 4\pi \frac{d}{b} 10^5 : 10^9 = 4\pi \frac{d}{b} 10^{-4} \text{ H/km.}$$

Ligning (3):

$$Z = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{4\pi \cdot d \cdot 36\pi \cdot d \cdot 10^6}{b \cdot 10^4 \cdot b}} = 120\pi \frac{d}{b} \text{ Ohm.}$$

Ligning (4):

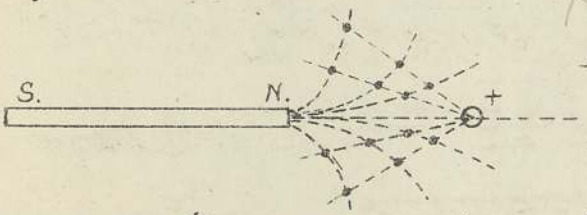
$$v = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \sqrt{\frac{b \cdot 10^4 \cdot 36\pi d \cdot 10^6}{4\pi d \, b}} = 3 \cdot 10^5 \text{ km/sek.,}$$

lig med Lysets Hastighed svarende til, at $R = A = 0$.

Eks.: $d = 1$ cm, $b = 100$ cm, $Z = 120 \cdot \pi \cdot 0{,}01 \sim 4$ Ohm.

Man kan nu tænke sig, at Energien straaler ud mellem de to Planer, og da Felterne her er homogene, kan man bestemme Straalingsintensiteten pr. qs. cm² af Tværsnitsarealet. Heraf faas da Ligning (6), idet $\mathcal{E} = \frac{V}{\Phi}$ og $H = \frac{1}{10} 4\pi \frac{I}{b}$. Ligning (6) ses at være uafhængig af de lineære Dimensioner, hvilket ogsaa maa være Tilfældet, da Energistraalingen jo kun kan afhænge af Feltenes Intensitet og indbyrdes Beliggenhed. Retningen af H, E og p paa Fig. II følger af

Strømdiagrammet Fig. 1. Den ved (6) givne Straalings-
lov er her kun fundet for et spec. Tilfælde, men den
gælder, som Poynting har paavist, ganske almindelig-
ligt, kun skal man, naar H og E ikke er vinkelrette
paa hinanden, multiplicere med Sinus af den Vin-
kel, de danner med hinanden. Man kommer
derved til den ganske almindeligt gældende Formel (7).
H·E·sin φ er Arealet af Parallellogrammet dannet
af H og E, og p er vinkelret paa Planen bestemt ved
H og E. Den indbyrdes Rækkefølge af H, E og p angi-
vet i II. Der vil ingen Energistraaling finde Sted, hvis
H og E ikke eksisterer samtidig paa samme Sted, da
p er givet ved Produktet af disse, og heller ingen Straa-
ling faas, naar φ = 0, d: naar H og E er parallelle.



Energistraalingen i kryd-
sende, statiske Felter.

Tænker man sig en
lille, ladet Kugle anbra-
gt i Nærheden af en per-
manent Magnet, saa foregaar der, ifølge foranstaa-
ende, Energistraalinger i Krydsfeltet. Paa den anden
Side kan der ikke udstraales Energi, da hele Syste-
mets Energi ikke forandres. Forklaringen er, at Energi-
straalingen i dette Tilfælde sker langs lukkede Baner,
og da man intet Middel har til at paavise en saa-
dan Straaling, vil man derfor indtil slet intet
mærke. Er Magneten og Kuglen specielt anbragt
som vist ovenfor, ses det let, at Straalingen foregaar
efter Cirkler vinkelret paa Magnetens Akse.

Pl. G. Fig. 4. Skematisk Fremstilling af plane,
elektromagnetiske Bølger. At H og E ligger i Fase,

indres af Ligningen $V = Z \cdot J$, hvor Z er reel. (Paa Strøm og Spænding i en almindelig, dæmpningsfri Vekselstrømskreds er forskudt 90° i Forhold til hinanden, hvilket skyldes, at Vekselstrømstilstanden i en saadan Kreds svarer til staaende Bølger, der fremkommer ved Interferens mellem en udadgaaende og en reflekteret Bølge).

Pl. G. Fig. 5. Straalingsfeltet mellem en lodret Kegle og en plan Flade. Man har: $H_x = \frac{1}{10} 4\pi \frac{J}{2\pi x} = \frac{J}{5x}$.

Antal af Kraftlinier gennem det skraverede Tværsnit bliver altsaa: $N = H_x \cdot \Phi \cdot x = \frac{1}{5} \cdot J \cdot \Phi$. Selvinduktionskoefficienten bliver da pr. km bestemt ved:

$$\frac{1}{10} L \cdot J = N \cdot 10^5 = \frac{1}{5} J \cdot \Phi \cdot 10^5.$$

$L = 2\Phi \cdot 10^5$ abs. em. E/km $= 2 \cdot \Phi \cdot 10^{-4}$ H/km. Kapaciteten pr. km er givet ved: $C = \frac{\pi \cdot 10^{10}}{4\pi \cdot \Phi \cdot \frac{1}{2} \cdot 10^5} = \frac{10^5}{2\Phi}$ cm/km $= \frac{1}{18\Phi} 10^{-6}$ F/km.

Straalingsmodstanden er givet ved:

$$Z = \sqrt{\frac{L}{C}} = 60\Phi \text{ Ohm}.$$

Ligning (7) faas endelig af Poyntings Sætning:

$$p = \frac{1e}{4\pi} \cdot H \cdot E \sin\Phi,$$ idet her $\Phi = 90°$

og Ligning (8) viser, at denne Sætning faktisk ogsaa gælder her. Feltintensiteten aftager altsaa omvendt med Afstanden fra Toppunktet og Straalingsintensiteten pr. cm² altsaa omvendt med Afstandens Kvadrat.

Pl. G. Fig 6. Skematisk Fremstilling af Straalingsfeltet svarende til Fig. 5. (De øverste Strømpile skal vendes om og Signaturerne ⊙ og ⊗ skal ombyttes paa Figurens venstre Halvdel).

Pl. H. Fig. 1. Hertz' Straalingsformel. Ligningerne (1) - (4) er den almindelige Straalingsformel, som Hertz fandt, gældende for et Ledningssystem af Long-

den l og gennemløbet af Strømmen $i = J_m \cos 2\pi nt$.

Pl. H. Fig 8. Den totale Udstraaling. Faktoren $\frac{1}{2}$ hidrører fra, at E_m og H_m er Amplitudeværdier. For E_m og H_m indføres Værdierne fra Fig. 1.

Pl. H. Fig. 9. Den anvendte Strøm vil ofte være dæmpet og derfor kunne udtrykkes som følger: $i = J_m \cdot e^{-kt} \cos 2\pi nt$.

Af denne Grund er de i denne Figur viste Hjælpeintegraler udregnede. (Tredie Linie skal begynde saaledes: $i = J_0 \cdot e^{-kt} \sin \omega t$). Ligning (3) gælder nu for en enkelt Udladning af denne Art, og frembringer der N saadanne pr. sek, vil det være tænkt stadig gaaende Vekselstrøm med en effektiv Værdi bestemt af Ligning (4). For at denne Svingning skal være ret kraftig, maa de tilfredsstille Relation (5). Da man i Almindelighed har:

$\delta \sim 0{,}1 - 0{,}05$ og $n \gg N$, saa vil man altsaa faa $J_0 > J_m$, hvilket ogsaa stemmer med de paa Fig. 3. Pl. B viste Forhold.

Pl. H. Fig 10. Udstraaling fra Antenne. For en Leder som vist ved I, er Udstraalingen bestemt ved (1) Fig. 8, idet man for l sætter 2h. g-h angiver en magnetisk Kraftlinie, a e b en elektrisk Kraftlinie. Felterne vil altsaa være fuldstændig symmetriske omkring Planen c d, og erstattes derfor den underste Halvdel af Systemet med en uendelig god Leder (II), saa vil Forholdene i øverste Halvdel af Rummet slet ikke berøres heraf. Man faar i dette Tilfælde kun den halve Udstraaling. Hermed fremkommer Ligning (1). Man er her kommet de praktiske Forhold betydelig nærmere, idet man i Praksis kan betragte selv Havvand som værende uendelig godt Leder. Ligningerne (3) og (4) faas af (3) og (4) Fig. 1, ved at erstatte l med 2h, idet man derimod her har $\sin \Theta = 1$.

Pl. H. Fig 11. Antennens effektive Højde. Den effektive Højde bestemmes i al Almindelighed ved Formlen (2) Fig. A, og herudfra indses let Resultaterne B, C, D og E.

C: Hele Kapaciteten tænkes samlet paa Strækningen H_0'' saaledes, at man med god Tilnærmelse kan antage, at Strømmen her aftager lineært.

D: Her kan man ikke antage Kurven bc for retlinet paa Grund af den varierende gensidige Kapacitet mellem de skraa Ledere.

Pl. I Fig. 1. Transmissionsformler. Formel (1) er udledet paa Grundlag af Hertz' Formler under Forudsætning af, at Planen er uendeligt godt ledende, og at der intet Tab er i Atmosfæren. Formel (2) giver Strømmen i B i Tilfælde af Resonans. Formel (3) faas ved Benyttelse af Ligning (15) Fig. 7. Pl. E. Korrektionen i Formel (4) spiller i Almindelighed ingen Rolle paa Grund af Resultaternes øvrige Usikkerhed.

Ligning (5): Flere fortrinlige Matematikere har forsøgt at bestemme $f(\lambda, r)$ blot under Hensyntagen til Jordens Krumning, men Problemet er ret vanskeligt, hvilket viser sig ved, at Løsningerne afviger ret betydeligt fra hinanden.

Pl. I. Fig. 2. Formel I er udledet ad theoretisk Vej og stemmer ikke særlig godt med Erfaringen. Naar det ikke er Tilfældet, skyldes dette i hvert Fald delvis, at der i de foregaaende Betragtninger ikke er taget Hensyn til Atmosfærens Fugtighedsindhold. Denne spiller imidlertid en meget stor Rolle. Atmosfærens Tryk p i Højden h over Jorden er for nogle Tilfælde angivet nedenfor:

h i Km.:	0	10	20	50	100
p i m/m Hg:	760	200	47	0,3	0,02

Nu finder der praktisk talt ingen Skydannelse Sted over en Højde af ca. 10 km. Over denne Højde vil Luften om Dagen altsaa altid beskinnes af Solen, og paa Grund af den rige Absorption af Solens ultra-violette Lys vil Luften da blive ioniseret, idet da der altid findes smaa Mængder Støv i den, og som Følge heraf vil der i denne Højde findes et forholdsvis godt ledende Luftlag.

Til Sammenligning kan angives følgende Ledningsevner:

Kobber:	$57{,}5 \cdot 10^4$ siemens/cm³	vaad Jord:	$1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-5}$ "
Kviksølv:	$1{,}06 \cdot 10^4$ "	tør Jord (Sahara):	$1 \cdot 10^{-6}$ "
Havvand:	$1 \cdot 10^{-2}$ "	fortyndet og	
Flodvand:	$1 \cdot 10^{-5}$ "	ioniseret Luft	$1 \cdot 10^{-1}$. "

Dette Lag af fortyndet og ioniseret Luft vil altsaa ligge i en Afstand af ca. 30 km fra Jordoverfladen (Jord-radius ~ 7000 km). Da Bølgerne undvider kun trængen saa Meget ned i Havvand, vil Resultatet af ovenstaaende altsaa være, at Bølgerne er trængt til at forløbe inden for den forholdsvis tynde Skal mellem Jordoverfladen og den ioniserede Luft. Det ses heraf, at det ikke har megen Berettigelse at regne med Formel I.

Formel II: Denne Formel bruges en Del og er trods den tilsyneladende Lighed med I i Virkeligheden langt gunstigere. For alle Formlerne gælder det, at $f(\lambda, r)$ vokser stærkt, naar λ vokser, og det er derfor nødvendigt at gøre λ stor, naar r vokser, til Trods for, at λ indgaar i Nævneren for F_R.

Pl. F. Fig. 3. Dette Figuren viser, hvor stærkt Formlerne I-IIII afviger fra hinanden. Man kan maaske nok sige, at Formel I giver for lidt og Formel IIII for meget. Forskellen i Formlerne II-IIII skyldes for en

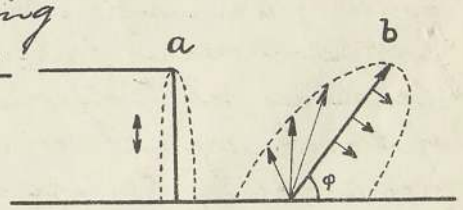
stor Del, at de til Udledelsen benyttede Forsøgsresultater i saa høj Grad er afhængige af den øjeblikkelige atmosferiske Tilstand. Da et Legeme med uendelig stor Ledningsevne ikke giver Tab og det samme gælder for et Legeme med uendelig stor Modstand, maa der altsaa findes en Ledningsevne, der giver Maximum af Tab, og det viser sig nu, at dette vil ske for f. Eks. daarlig ledende Jord eller i Overgangslagene til den fortynnede, ioniserede Luft, af det vil derfor meget afhænge af denne Overgang til den ioniserede Luft, eller med andre Ord af de atmosferiske Forhold, hvorledes $f(\lambda, R)$ bliver. Naar to ens Stationer ligger tæt ved hinanden, kan det ske, at den ene modtager godt og den anden meget daarligt. Dette kan kun forklares ved Reflektionen bagud, idet man maa tænke sig, at Bølgerne rammer en Ionisationssky og derved reflekteres, saa de reflekterede Bølger danner staaende Svingninger med de ankommende og at den ene Station ligger i et Knudepunkt og den anden i et Maximumspunkt. Saadanne Reflektioner finder ogsaa Sted ved Overgangen fra Vand til tørt Land og ligesaa. Forholdene er i det hele taget meget indviklede ved disse forholdsvis store Bølgelængder og undrager sig i de fleste Tilfælde enhver Beregning. Man kan beregne Forholdene, naar en Bølge bevæger sig langs en ledende, plan Flade eller mellem to plane Flader, men saa snart der bliver Tale om Refraktion, bliver Forholdene for indviklede. Det skal herfra, at de i Radiotelegrafien benyttede Bølgelængder er af samme Størrelsesorden som Dimensionerne af de Naturgenstande, de bevæger sig

forbi. Har man f. Eks. en Stang, der bestaar af Kobber og Platin, sammensvejset i Form af Kvadratur af hinanden, vil man jo, naar der gaar en alm. Vekselstrøm af lavt Periodetal i denne Stang, meget let kunne beregne Refleksion og lignende, idet man gaar ud fra, at Strømmen fordeler sig ligeligt over Tværsnittet. Dette er i Virkeligheden en Approximation, men saa god, at man absolut ikke vil vore i Stand til at paavise Afvigelsen herfra. Benytter man derimod en Strøm, der er saa høj frekvent, at Bølgelangden bliver af samme Størrelsesorden som Stangens Diameter, vil Forholdene vore de samme som i Radiotelegrafien, men de vil da vore saa indviklede, at de undrager sig en simpel Beregning

Plane Bølgers Transmission

langs en ledende, plan Flade.

Ved Beregningen vil det vise sig, at en elektromagnetisk



Bølge, der bevæger sig langs en plan Leder, kun har en lodret Front, naar Lederen er uendelig god, men at Bølgefronten vil valte desto mere forover, jo daarligere Lederen er, idet Minimum af Φ er 45°. I Virkeligheden vil et Snit paa tværs af Bølgefronten nu ikke vore begrænset af en ret Linie, men Straalingsvektoren vil i Løbet af en Periode beskrive en Ellipse som antydet paa Figuren, idet denne Ellipse bliver desto bredere, jo mere Fronten halder forover og altsaa jo daarligere Lederen er. For en uendelig god Leder vilde Bølgen altsaa have lodret Front og Ellipsen vore uendelig smal, saa Straalingsvektoren her svinger efter den lodrette Linie. Paa daarlig ledende Grund vil ifølge ovenstaa-

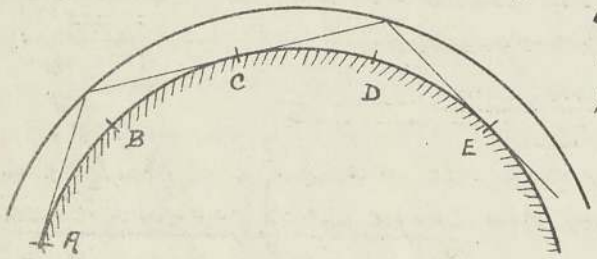
ende en hældende Antenne virke bedre som Modtager for Bölger, der kommer „bagfra" og tilsvarende sende kraftigere „bagud", saaledes som antydet i nedenstaaende Skitse.



Heldig Stilling for korresponderende Antenne paa daarlig ledende Grund.

Uheldig Antennestilling.

Ved större Stationer, der kunde telegrafere over lange Afstande, har man ogsaa iagttaget følgende. Naar Stationen A udsender Telegrammer, modtages disse daarligt eller slet ikke af et Skib ved B, derimod modtages Skib C godt, D dårlig og igen E godt. Dette forklares ved, at Bölgerne fra A skiftevis reflekteres fra det övre, ioniserede Luftlag og Jorden, som vist paa nedenstaaende Figur.



Resultatet af ovennævnte forskellige Fagttagelser, vil vise, at Forholdene for Energioverföring stiller sig gunstigst, naar de ioniserede Luftlag er skarpt begrænsede nedad til, idet da Overgangslagene, hvor de store Tab finder Sted, vil indskrænkes betydeligt.

Se iövrigt: A. W. Marke: Over traadlös Telegrafi. Side 44. f.f.

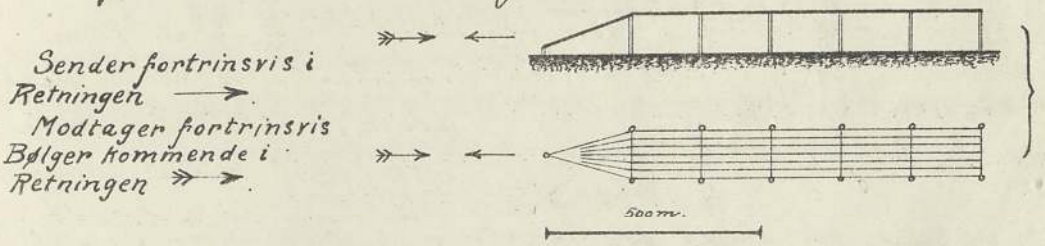
Antennen.

Retningstelegrafi. Tidligere omtaltes, at Bölgefronden ved Modtageren holdtes fremover, og det indses deraf let, at naar man lader Antennen holde i

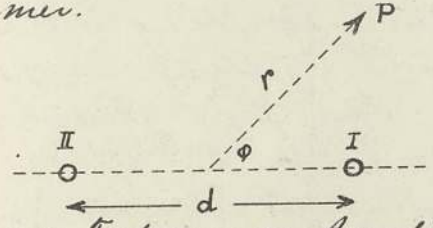
samme Retning, faar man modtaget størst Energi.

Paa samme Maade viser det sig, at Sprendantenner vil sende størst Energi i denne Retning, naar den holdes lige saa meget til den modsatte Side.

En lodret Antenne vil sende og modtage lige godt i alle Retninger, medens man i Almindelighed kun ønsker at sende i visse bestemte Retninger. Man har derfor paa forskellig Maade søgt at indrette en Retningstelegrafi. Marconi selskabet anvender Antenner som vist paa nedstaaende Figur.



Længden af Traadene kan her være 5-6-8 km og disse Antenner vil sende og modtage særlig godt i Retning af Traadenes Længderetning. Denne Form har vist nogen Retningsvirkning, men man er ikke ganske klar over, hvorfor denne Retningsvirkning egentlig kommer.



Til Retningstelegrafi benyttes ogsaa et System som vist nedstaaende, idet man anvender to Antenner, der fødes af Strøm fra samme Generator, hvis samme Frekvens og Amplitude, men forskellig Fase. Naar nu Afstanden ud til et Punkt P er meget stort i Forhold til Afstanden mellem Antennerne, altsaa $r >> d$, vil Virkningen i P, hvad Styrke angaar være, som om de to Antenner stod paa samme Sted.

I Antennen gaar nu Strömmen:

$$I: \mathfrak{J} = \mathfrak{J}_m \cos 2\pi n t \qquad II: \mathfrak{J} = \mathfrak{J}_m \cos(2\pi n t + \Theta)$$

hvor Θ er Fasforskellen mellem de to Strömme. I Punktet P vil Feltstyrken da, ifölge Formlerne Plan H, Fig. 1, vore bestemt ved:

$$I: E_m \cos\left(2\pi n t - 2\pi \frac{r - \frac{d}{2}\cos\varphi}{\lambda} + \alpha\right). \quad II: E_m \cos\left(2\pi n t - 2\pi \frac{r + \frac{d}{2}\cos\varphi}{\lambda} + \alpha + \Theta\right).$$

Maximalværdien E_m vil være den samme i begge Formlerne ifölge Forudsætningen $r \gg d$.

Det resulterende Felt er givet ved Summen af I og II eller, idet: $\cos a + \cos b = 2\cos\frac{1}{2}(a+b)\cos\frac{1}{2}(a-b)$:

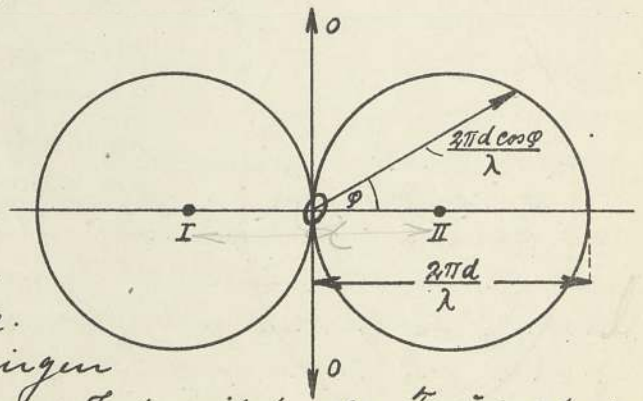
$$\mathfrak{E} = E_m \cdot 2\cos\left(\frac{\Theta}{2} - \frac{2\pi d\cos\varphi}{2\lambda}\right)\cos\left(2\pi n t + \alpha + \frac{\Theta}{2} - 2\pi\frac{r}{\lambda}\right).$$

Den sidste cos viser, at man faar en harmonisk, varierende Virkning, medens förste cos er en Konstant, der giver Störrelsen af Amplituden.

$$A = 2\cos\frac{1}{2}\left(\Theta - \frac{2\pi d\cos\varphi}{\lambda}\right)$$

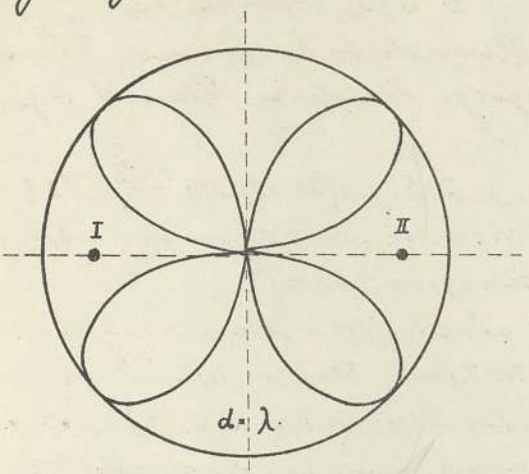
er altsaa et Maal for Styrken af Fjernvirkningen i Retningen φ. Det kan nu skelnes mellem to Hovedtilfælde, nemlig $\Theta = \pi$ og $\Theta = 0$.

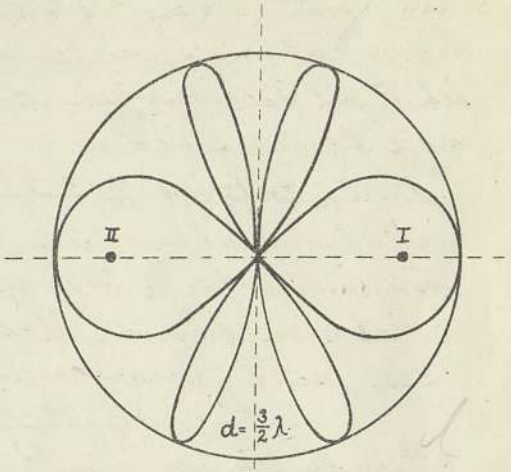
$\Theta = \pi$ giver $A = 2\sin\frac{\pi d\cos\varphi}{\lambda}$. For $\varphi = \frac{\pi}{2}$ faas da $A = 0$, hvilket ogsaa er indlysende, idet de to Antenner her vil kompensere hinanden. For $d \ll \lambda$ kan man sætte: $A = \frac{2\pi d\cos\varphi}{\lambda}$.



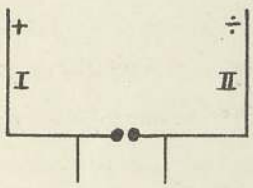
Intensiteten i forskellige Retninger er altsaa fremstillet ved Vektoren fra O til Cirkelperiferien som vist hosstaaende. Man faar dog her ingen Steder nogen særlig stor Intensitet, da Forudsætnin-

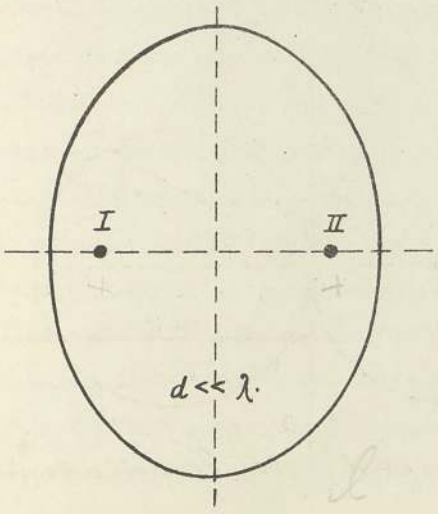
gen jo var: $d << \lambda$.

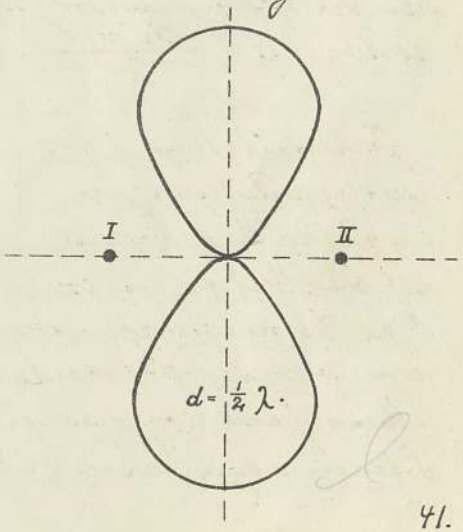


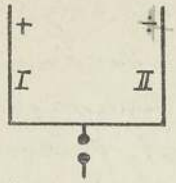


Ovenstaaende viser Intensitetens Fordeling for andre Værdier af d. Princippet til Opnaaelse af $\Theta = \pi$ er vist tvarstaaende, idet de to Antenner er sat parallelt til en Smidbane. $\Theta = 0$ giver $A = 2\cos\frac{\pi d \cos\varphi}{\lambda}$. For $\varphi = \frac{\pi}{2}$ faas her $A = 2$, idet de to Antenner her direkte hjælper hinanden. Kurverne faar da et Udseende som vist paa nedenstaaende Figurer.









Resultatet $\theta = 0$ opnaas som vist herstaaende. Intensitetsfordelingen $A = \frac{2\pi d \cos\varphi}{\lambda}$ $(\theta = \pi$ og $d < \lambda)$ er paa videre Maade benyttet af Bellini og Tosi. Princippet i deres Fremgangsmaade fremgaar af Fig. a. AA' og BB' er de to Sfenderantenner; de er anbragt haldende, saaledes at de kan bæres af en enkelt Mast; Antennerne er forbundne gennem de tre Selvinduktionsspoler S_1, S_2 og S'. SC er Generatorkredsen, der, afstemt til den ønskede Bølgelængde, inducerer Svingningerne over i de to Antenner gennem Spolen S'. Det er nødvendigt kun at anvende een enkelt Generator-

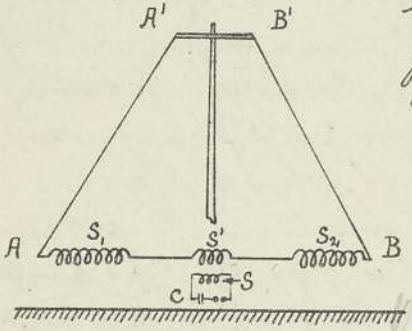


Fig. a.

kreds til begge Antenner, da man kun derved er sikker paa, at man faar den ønskede Faseforskel paa 180°; denne saavel som Afstemningen af Antennerne frembringes ved passende Valg af Selvinduktion og Kapacitet i Antennerne. Ved denne Anordning faar man Udstraalings-maksimum i Antenneplanens Retning; for at kunne benytte Stationen til Telegrafi i alle mulige Retninger, maatte man altsaa kunne dreje hele Antenneopstillingen, hvilket selvfølgelig er umuligt. Bellini og Tosi har omgaaet dette ved det i Fig. b viste Arrangement, idet de kombinerer 2 Bobbelantennen af den i Fig. a angivne Type med hinanden, saaledes at Sendestationen faar 2 Antennepar, AB og A_1B_1 (Fig. b) med de tilhørende Koblingsspoler S' og S'', begge Systemer arrangerede vinkelret paa hinanden. I Centrum af det Parallelepipedum, der

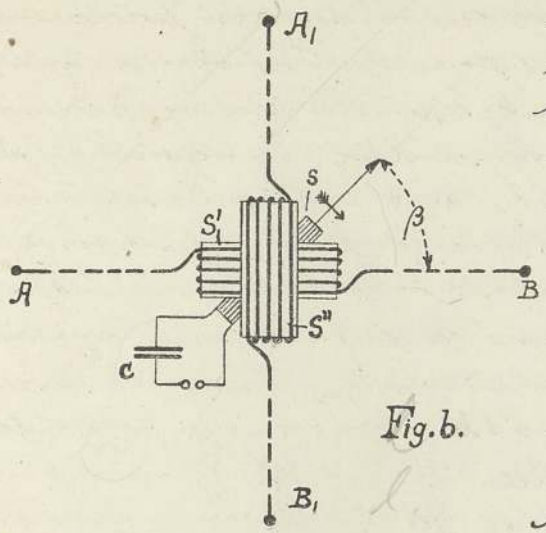


Fig. b.

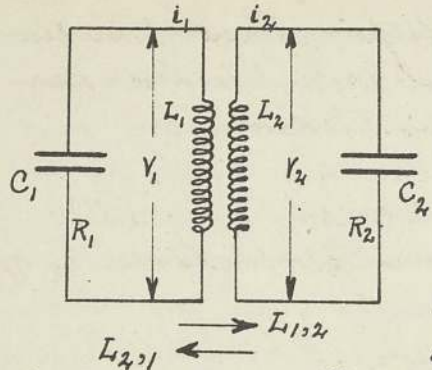
dannes af Spolerne S' og S" og den til Generatorkredsen hørende Spole S anbragt, og denne er drejelig omkring en lodret Akse (vinkelret paa Papirets Plan). Beregningen viser, at Udstraalingen fra en saadan Antenne vil vore Maximum i samme Retning som den, Spolen S har. Maximumsintensiteten fra A og B vil vore proportional med $\cos\beta$ og fra A_1 og B_1 med $\sin\beta$. I en Retning, der danner Vinklen φ med AB, vil A og B altsaa give en Intensitet proportional med: $\cos\beta \cdot \cos\varphi$ og A_1 og B_1 en Intensitet proportional med: $\sin\beta \cdot \sin\varphi$. Den totale Intensitet i Retningen φ vil altsaa vore proportional med:

$$\cos\beta\cos\varphi + \sin\beta\sin\varphi = \cos(\beta - \varphi).$$

Heraf følger, at man faar Maximum for $\varphi = \beta$, idet da $\cos(\beta - \varphi) = 1$. Metoden benytter som en Slags traadløst Kompas for Flyvere, idet man indstiller paa Intensiteten 0 for forskellige Signaler fra Stationen med kendt Bestemmelse.

Koblede Kredse. Herved forstaas Kredse, der paa en eller anden Maade elektrisk er sat i Forbindelse med hinanden saaledes, at Forandringen i den elektriske Tilstand i den ene Kreds, forarsager visse, heraf afhængige Forandringen i den anden.

Elektromagnetisk Kobling. Hosstaaende er vist to Kredse, saaledes koblede, at naar Strømmen i den ene



varierer, vil den paa Grund af den gensidige Induktion mellem L_1 og L_2 induceres en Spænding i den anden. $L_{1,2}$ er en Hjælpestørrelse, der er bestemmende for Størrelsen af den Spænding, som opstaar i Kreds 2, naar Strømmen i Kreds 1 varierer, og analogt for $L_{2,1}$. Foreløbig antages $L_{1,2} \geq L_{2,1}$. Hvis man nu samtidig starter en Strøm op i begge Kredse faas:

$$V_1 = L_1 \cdot \frac{di_1}{dt} + L_{2,1} \frac{di_2}{dt} \quad \ldots\ldots (1)$$

$$V_2 = L_2 \cdot \frac{di_2}{dt} + L_{1,2} \frac{di_1}{dt} \quad \ldots\ldots (2)$$

Den Tilvækst i elektromagnetisk Energi, som tilføres Kredsen 1 i Tidsrummet dt er nu givet ved:

$$dK_1 = i_1 \cdot dt \cdot V_1 = i_1\, dt \left(L_1 \cdot \frac{di_1}{dt} + L_{2,1} \frac{di_2}{dt}\right) = L_1 \cdot i_1\, di_1 + L_{2,1} \cdot i_1\, di_2 \quad \ldots (3)$$

Og analogt for Kreds 2:

$$dK_2 = i_2 \cdot dt \cdot V_2 = i_2\, dt \left(L_2 \cdot \frac{di_2}{dt} + L_{1,2} \frac{di_1}{dt}\right) = L_2 \cdot i_2\, di_2 + L_{1,2} \cdot i_2\, di_1 \quad \ldots (4)$$

Hvis man nu starter i_1 og i_2 proportionalt op, saa man stadig har: $i_1' = x \cdot i_1$ og $i_2' = x \cdot i_2$ (5),

hvor i_1' og i_2' er de øjeblikkelige Værdier af i_1 og i_2, de endelige Værdier, og hvor x under Starten vokser fra 0 til 1, saa har man stadig:

$$di_1' = i_1\, dx \quad \text{og} \quad di_2' = i_2\, dx \quad (6)$$

Den samlede Energi K, der under Startningen tilføres de to Kredse, bliver altsaa:

$$K = \int dK_1 + \int dK_2 = \tfrac{1}{2} L_1 i_1^2 + \tfrac{1}{2} L_2 i_2^2 + \tfrac{1}{2} i_1 \cdot i_2 (L_{2,1} + L_{1,2}) \quad (7)$$

Hvis man derimod først lader i_1 op til sin endelige Værdi (i_1 starter) og derpaa starter i_2 op, saa faas:

$$K = \tfrac{1}{2} L_1 i_1^2 + \int_0^{i_2} (L_{2,1} i_1 + L_2 \cdot i_2)\, di_2 \quad (8)$$

Her betyder første Led den Del, der tilføres Kreds 1, medens i_1 startes op og $i_2 = 0$. Første Led indenfor

$\int$-Tegnet betyder den Del, der tilføres Kreds 1 medens i_2 startes op og $i_1 = i_1 =$ konstant, og sidste Led, den Del, der tilføres Kreds 2 i samme Tidsrum.

Altsaa faas:

$$K = \tfrac{1}{2} L_1 \cdot i_1^2 + L_{2,1} \cdot i_1 i_2 + \tfrac{1}{2} L_2 \cdot i_2^2 \qquad (8')$$

Aldeles tilsvarende faas, hvis man først starter i_2 op og derpaa i_1 at:

$$K = \tfrac{1}{2} L_2 \cdot i_2^2 + L_{1,2} \cdot i_1 i_2 + \tfrac{1}{2} L_1 \cdot i_1^2 \qquad (9)$$

og da K i (7), (8') og (9) maa være den samme, faas heraf:

$$L_{1,2} = L_{2,1}$$

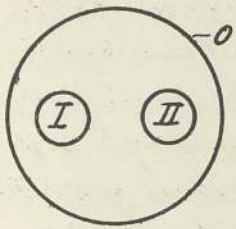
Saade med Hensyn til Størrelse og Fortegn. Man sætter i Almindelighed:

$$\sigma_1 = \frac{L_{1,2}}{L_1} \; ; \; \sigma_2 = \frac{L_{1,2}}{L_2} \qquad \sigma = \sqrt{\sigma_1 \cdot \sigma_2} = \frac{L_{1,2}}{\sqrt{L_1 \cdot L_2}},$$

hvorda σ kaldes Koblingskoefficienten.

<u>Kobling gennem gensidig Kapacitet.</u> Det antages f. Eks. at man har to fra hinanden isolerede Ledere omsluttet af en fælles Kappe med Potentialet Nul. Giver man nu I en Ladning q_1, faas Potentialet: $V_1' = p_{1,1} \cdot q_1$ paa I

og $\quad : V_2' = p_{1,2} \cdot q_1$ paa II.



Giver man II en Ladning q_2 faas Potentialet: $V_1'' = p_{2,1} \cdot q_2$ paa I

og: $V_2'' = p_{2,2} \cdot q_2$ paa II.

Giver man I en Ladning q_1 og samtidig II en Ladning q_2, faas altsaa Potentialerne:

$$V_1 = V_1' + V_1'' = p_{1,1} \cdot q_1 + p_{2,1} \cdot q_2 \quad \ldots\ldots (1)$$

$$V_2 = V_2' + V_2'' = p_{1,2} \cdot q_1 + p_{2,2} \cdot q_2 \quad \ldots\ldots (2)$$

Hvis man nu paa lignende Maade som ovenfor under elektromagnetisk Kobling, lader Ladningerne vokse proportionalt op, faas:

$q_1' = x \cdot q_1 \quad dq_1' = q_1 \cdot dx \qquad$ og $\qquad q_2' = x q_2 \quad dq_2' = q_2 \cdot dx.$

Tilvæksten i elektrostatisk Energi vil nu være lig med Tilvæksten i Ladningen multipliceret med Ledernes Potential i det betragtede Tidselement, altså, idet Spændingerne i det betragtede Øjeblik er: $x \cdot V_1$ og $x \cdot V_2$:

$$dS = x \cdot V_1 \cdot q_1 \, dx + x \cdot V_2 \cdot q_2 \, dx$$

$$S = \int_0 dS = \tfrac{1}{2} q_1 V_1 + \tfrac{1}{2} q_2 V_2 \qquad (3)$$

Lader man først q_1 vokse op til sin endelige Værdi medens $q_2 = 0$, og derpaa lader q_2 vokse op, saa faas:

$$S = \int_0^{q_1} p_{1,1} \cdot q_1 \, dq_1 + \int_0^{q_2} (p_{1,2} q_1 + p_{2,2} q_2) \, dq_2$$

$$S = \tfrac{1}{2} p_{1,1} \cdot q_1^2 + p_{1,2} \cdot q_1 \cdot q_2 + \tfrac{1}{2} p_{2,2} q_2^2 \ldots\ldots (4)$$

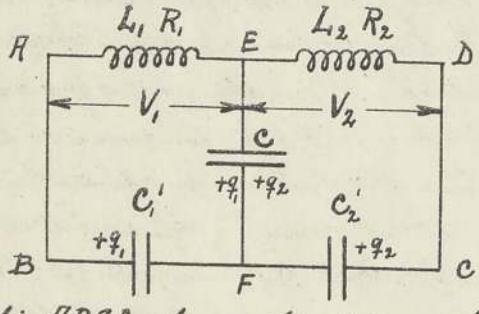
Analogt hermed vilde man faa, hvis først q_2 voksen op og derefter q_1, at:

$$S = \tfrac{1}{2} p_{2,2} \cdot q_2^2 + p_{2,1} \cdot q_1 q_2 + \tfrac{1}{2} p_{1,1} q_1^2 \ldots\ldots (5)$$

Da S er den samme i alle tre Tilfælde, faas altså:

$p_{1,2} = p_{2,1}$ = gensidig Potentialkoefficient.

Elektrostatisk koblede Kredse. Hosstaaende viser et Eksempel paa en Kobling af denne Art. Her skal kun betragtes den Virkning, som kommer i Kreds EDCF hidrørende fra Forandringen i Kreds AEFB. I Virkeligheden findes ogsaa en tredie Kreds, nemlig ABCD, hvor der ogsaa kan opstaa Svingninger, men dette lades her ude af Betragtning. Naar C_1' faar en Ladning q_1, som vist, vil ogsaa C faa Ladningen q_1, og naar C_2' faar Ladningen q_2, vil C ligeledes faa Ladningen q_2. For Spændingerne V_1 og V_2 har man da:



$$V_1 = \frac{q_1}{C_1'} + \frac{q_1}{C} + \frac{q_2}{C} = \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_{1,2}} \ldots\ldots (1)$$

hvor C_1 og $C_{1,2}$ skal bestemmes saaledes, at (1) bliver tilfredsstillet. Man faar da:

$$\frac{1}{C_1} = \frac{1}{C_1'} + \frac{1}{C} \qquad C_1 = \frac{C\,C_1'}{C + C_1'} \;;\; C_{1,2} = C \quad \ldots\ldots (2).$$

Endvidere faas:

$$V_2 = \frac{q_2}{C_2'} + \frac{q_2}{C} + \frac{q_1}{C} = \frac{q_2}{C_2} + \frac{q_1}{C_{2,1}} \quad \ldots\ldots (3),$$

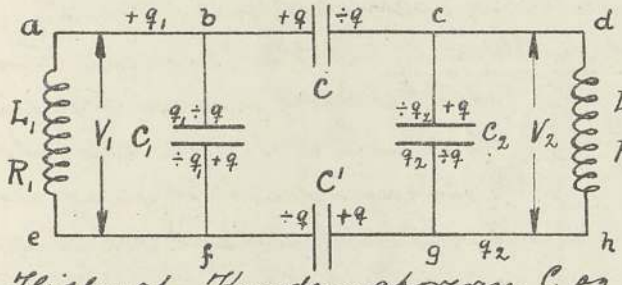
hvoraf:

$$C_2 = \frac{C \cdot C_2'}{C + C_2'} \qquad C_{2,1} = C \quad \ldots\ldots (4).$$

Her betyder C_1 den resulterende Kapacitet i Kreds 1 og C_2 den resulterende Kapacitet i Kreds 2, medens $C_{1,2}$ betyder den gensidige Kapacitet mellem Kreds 1 og Kreds 2.

Det ses, at man i Overensstemmelse med det tidligere har $C_{1,2} = C_{2,1}$. Paa lignende Maade som ved den elektromagnetiske Kobling indføres ogsaa her en Koblingskoefficient σ bestemt ved:

$$\sigma_1 = \frac{C_1}{C_{1,2}} \qquad \sigma_2 = \frac{C_2}{C_{1,2}} \qquad \sigma = \sqrt{\sigma_1 \sigma_2} = \frac{\sqrt{C_1' \cdot C_2'}}{\sqrt{(C_1' + C)(C_2' + C)}}.$$



Hosstaaende er vist en anden Form for elektrostatisk Kobling, idet Kredsene abfe og cdhg er koblet sammen ved Hjælp af Kondensatorerne C og C_1. Den findes her i Virkeligheden 6 Kredse, hvori Svingninger kan foregaa, men idet Kredsen bcgf antages kun at indeholde Kapacitet, altsaa, at Tilledningerne ingen Selvinduktion indeholder, kan der dog her ingen Svingninger opstaa. Her skal imidlertid kun betragtes Virkningen af Kredsene abfe og cdhg paa hinanden. Ladningerne paa C og C' maa være lige store, da disse to Kondensatorer er indskudt ganske symmetrisk. Forskydes i Kredsen 1 en Elektricitetsmængde q_1, som vist, vil den fordele sig med q paa C og $q_1 \div q$ paa C_1. Paa neden-

ste Plade af C_1 faas da $+q_1+q$ og paa venstre Plade af C' altsaa $+q$ og analogt for Kredsen 2. Man faar da:
$V_1 = \frac{q_1}{C_1} + \frac{q}{C_1}$ ..... (1). Til Bestemmelse af q kan man endvidere, at Summen af alle Spændingerne i Kredsen bcgf skal være Nul: $\frac{q_1+q}{C_1} + \frac{q}{C'} + \frac{q_2+q}{C_2} + \frac{q}{C} = 0$ ..... (2).
Heraf faas da:

$$q = \left(\frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2}\right)\left(\frac{1}{\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C'}+\frac{1}{C}}\right) \cdots\cdots (3)$$

og altsaa:

$$V_1 = \frac{q_1}{C_1} + \frac{1}{C_1}\left(\frac{q_1}{C_1}+\frac{q_2}{C_2}\right)\frac{1}{\frac{1}{C_1}+\cdots\cdots}$$

$$V_1 = \frac{q_1}{C_1}\left(1+\frac{1}{C_1}\frac{1}{\frac{1}{C_1}+\cdots\cdots}\right) + \frac{q_2}{C_1 C_2}\frac{1}{\frac{1}{C_1}+\cdots\cdots} \cdots\cdots (4)$$

og analogt hermed: $V_2 = \frac{q_2}{C_2}\left(1+\frac{1}{C_2}\frac{1}{\frac{1}{C_1}+\cdots\cdots}\right) + \frac{q_2}{C_1 C_2}\frac{1}{\frac{1}{C_1}+\cdots\cdots}$ ... (5).
Den samlede Kapacitet i Kredsene er altsaa bestemt ved:

$$C_{1_0} = \frac{C_1\left(\frac{1}{C_1}+\cdots\cdots\right)}{\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C'}+\frac{1}{C}} \qquad C_{2_0} = \frac{C_2\left(\frac{1}{C_1}+\cdots\cdots\right)}{\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C'}+\frac{1}{C}} \cdots\cdots\cdots (6)$$

og for den gensidige Kapacitet faas:

$$C_{1,2} = C_1 \cdot C_2\left(\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C'}+\frac{1}{C}\right) \cdots\cdots\cdots (7)$$

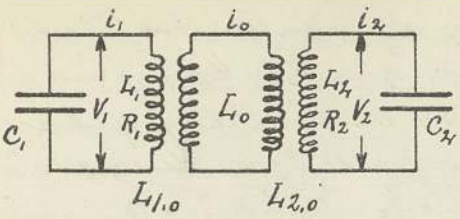
Koblingskoefficienten faas af:

$$\sigma^2 = \frac{C_{1_0}\cdot C_{2_0}}{C_{1,2}^2} = \frac{C_1 C_2\left(\frac{1}{C_1}+\cdots\cdots\right)^2}{\left(\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C'}+\frac{1}{C}\right)\left(\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C'}+\frac{1}{C}\right)(C_1 C_2)^2\left(\frac{1}{C_1}+\cdots\right)^2}$$

eller, idet $\frac{1}{\delta} = \frac{1}{C'} + \frac{1}{C}$:

$$\sigma^2 = \frac{1}{C_1 C_2\left(\frac{1}{C_1}+\frac{1}{\delta}\right)\left(\frac{1}{C_2}+\frac{1}{\delta}\right)} = \frac{\delta^2}{(\delta+C_2)(\delta+C_1)} \cdots (8).$$

Man kan ogsaa tænke sig at have en Modstandskobling, idet de to Kredse kan have en Modstand fælles. (Det er her blot nødvendigt, at de to Kredse kan en effektiv Modstand fælles, og dette kan godt tænkes uden at Kredsene behøver at være forbundet ved noget egentlig Ledningsstykke.) Nedenstaaende er vist et andet Eksempel paa en elektromagnetisk Kob-



ling. Her er i Virkeligheden kun to svingende Kredse, idet den midterste Kreds antages kun at indeholde Selvinduktion, saa den ikke er i Stand til at svinge. Man har nu:

$$V_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} + L_{1,0} \frac{di_0}{dt} \quad \ldots\ldots (1) \qquad V_2 = L_2 \frac{di_2}{dt} + L_{2,0} \frac{di_0}{dt} \quad \ldots\ldots (2),$$

hvor i_0 er bestemt ved: $L_0 \cdot \frac{di_0}{dt} = L_{1,0} \frac{di_1}{dt} + L_{2,0} \frac{di_2}{dt} \quad \ldots\ldots (3).$

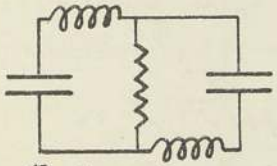
Ved at indsætte (3) i (1) og (2) faas da:

$$V_1 = \left(L_1 + \frac{(L_{1,0})^2}{L_0}\right) \frac{di_1}{dt} + \frac{L_{1,0} \cdot L_{2,0}}{L_0} \frac{di_2}{dt} \ldots (4), \quad V_2 = \left(L_2 + \frac{(L_{2,0})^2}{L_0}\right) \frac{di_2}{dt} + \frac{L_{1,0} L_{2,0}}{L_0} \frac{di_1}{dt} \quad (5),$$

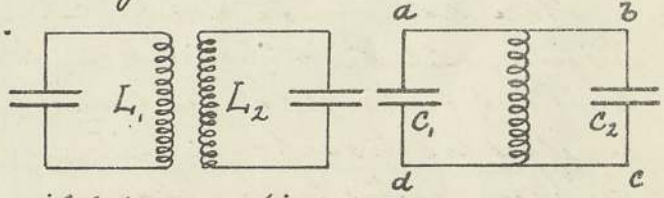
altsaa: $L_1' = L_1 + \frac{(L_{1,0})^2}{L_0} \qquad L_2' = L_2 + \frac{(L_{2,0})^2}{L_0} \qquad L_{1,2} = \frac{L_{1,0} \cdot L_{2,0}}{L_0} \quad \ldots\ldots (6)$

$$\varrho = \frac{L_{1,0} \cdot L_{2,0}}{\sqrt{(L_1 L_0 + L_{1,0}^2)(L_2 L_0 + L_{2,0}^2)}} \quad \ldots\ldots\ldots (7).$$

I alle de ovenstaaende Eksempler har man set bort fra Modstanden i Kredsen. Dette er i Virkeligheden en uidmarket god Tilnærmelse i de fleste Tilfælde med Hensyn til Beregning af Koblingskoefficienten, men derimod kan man ikke gøre det, naar det drejer sig om at bestemme Energioverføringen. Hosstaaende er vist et Eksempel paa en ren Modstandskobling. Der vil altsaa ogsaa her være tre Kredse. Metoden spiller dog i Almindelighed ingen Rolle.



Betragtes den simple elektromagnetiske Kobling tilvenstre og antages det, at Spolerne L_1 og L_2 er viklet samtidig over samme Kerne, vil man med meget stor Tilnærmelse have $L_1 = L_2 = L_{1,2}$, og man kan da i Stedet for benytte den



endnu simplere Kobling, som er vist tilhøje. I begge Tilfælde kan man ret let fra Modstanden, men tilstrækkelige er den den Forskel, at man i sidste Tilfælde tillige har fået en tredie Svingningskreds a b c d.

I Virkeligheden eksisterer denne Kreds dog ogsaa i første Tilfælde paa Grund af den meget store gensidige Kapacitet, der findes mellem L_1 og L_2, naar de er viklet paa den ovenfor omtalte Maade. I dette System faas nu $S = 1$. Endvidere kan man direkte bestemme Svingningstiden, idet Systemet tilhøje kun er en Selvinduktion i Serie med de to parallelforbundne Kondensatorer C_1 og C_2. Altsaa faas: $\tau = 2\pi\sqrt{L(C_1+C_2)}$. Det vil senere vise sig, at man ved koblede Kredse altid faar to Svingninger. Den anden af disse vil i dette Tilfælde hidrøre fra Kredsen a b c d og vil her være bestemt ved $\tau = 0$, naar det antages, at Selvinduktionen i Tilledningerne til Kondensatorerne er Nul. I Virkeligheden faas altsaa en Svingning med meget høj Frekvens.

Svingninger i koblede Kredse. Tidligere fandtes for en enkelt Kreds: $L \cdot \frac{di}{dt} + R \cdot i + \frac{1}{C} \cdot q = 0$.

For to koblede Kredse faas nu følgende Differentialligninger:

$$L_1 \cdot \frac{di_1}{dt} + R_1 \cdot i_1 + \frac{1}{C_1} \cdot q_1 + L_{1,2} \cdot \frac{di_2}{dt} + \frac{1}{C_{1,2}} \cdot q_2 = 0 \quad \ldots\ldots (I)$$

$$L_2 \cdot \frac{di_2}{dt} + R_2 i_2 + \frac{1}{C_2} \cdot q_2 + L_{1,2} \cdot \frac{di_1}{dt} + \frac{1}{C_{1,2}} \cdot q_1 = 0 \quad \ldots\ldots (II)$$

eller:

$$L_1 \cdot \frac{d^2q_1}{dt^2} + R_1 \cdot \frac{dq_1}{dt} + \frac{1}{C_1} q_1 + L_{1,2} \cdot \frac{d^2q_2}{dt^2} + \frac{1}{C_{1,2}} \cdot q_2 = 0 \quad \ldots\ldots (I)$$

$$\text{Indeks } 1 \rightleftharpoons \text{Indeks } 2 \quad \ldots\ldots\ldots (II)$$

Ligesom tidligere sætter man nu:

$$K_1 = \frac{R_1}{2L_1} \qquad h_1 = \frac{1}{\sqrt{L_1 C_1}} \qquad S_1 = \frac{L_{1.2}}{L_1} \qquad \sigma_1 = \frac{C_1}{C_{1.2}}$$

$$K_2 = \frac{R_2}{2L_2} \qquad h_2 = \frac{1}{\sqrt{L_2 C_2}} \qquad S_2 = \frac{L_{1.2}}{L_2} \qquad \sigma_2 = \frac{C_2}{C_{1.2}}$$

Ved Division med henholdsvis L_1 og L_2 faas da:

$$\frac{d^2q_1}{dt^2}+2K_1\frac{dq_1}{dt}+h_1^2q_1+\sigma_1\frac{d^2q_2}{dt^2}+\sigma_1 h_1^2 q_2=0 \cdots\cdots (I)$$

$$\frac{d^2q_2}{dt^2}+2K_2\frac{dq_2}{dt}+h_2^2q_2+\sigma_2\frac{d^2q_1}{dt^2}+\sigma_2 h_2^2 q_1=0 \cdots\cdots (II)$$

For at simplificere Regningerne antages nu i det følgende $\sigma_1=\sigma_2=0$ og ved Differentiation af (I) og (II) faas da:

$$\frac{d^3q_1}{dt^3}+2K_1\frac{d^2q_1}{dt^2}+h_1^2\frac{dq_1}{dt}+\sigma_1\frac{d^3q_2}{dt^3}=0 \cdots\cdots (I')$$

$$\frac{d^4q_1}{dt^4}+2K_1\frac{d^3q_1}{dt^3}+h_1^2\frac{d^2q_1}{dt^2}+\sigma_1\frac{d^4q_2}{dt^4}=0 \cdots\cdots (I'')$$

$$\frac{d^3q_2}{dt^3}+2K_2\frac{d^2q_2}{dt^2}+h_2^2\frac{dq_2}{dt}+\sigma_2\frac{d^3q_1}{dt^3}=0 \cdots\cdots (II')$$

$$\frac{d^4q_2}{dt^4}+2K_2\frac{d^3q_2}{dt^3}+h_2^2\frac{d^2q_2}{dt^2}+\sigma_2\frac{d^4q_1}{dt^4}=0 \cdots\cdots (II'')$$

Ved Løsning af disse 6 Ligninger med Hensyn til q_1 og q_2 faas nu to Ligninger, der er ganske ens med Hensyn til Konstanterne, og man kan følgelig sammenfatte dem i en enkelt Ligning, der da faar følgende Form:

$$\frac{d^4q}{dt^4}(1-\sigma^2)+\frac{d^3q}{dt^3}(2K_1+2K_2)+\frac{d^2q}{dt^2}(h_1^2+h_2^2+4K_1K_2)+\frac{dq}{dt}(2K_1h_2^2+2K_2h_1^2)$$
$$+qh_1^2h_2^2(1-\sigma^2)=0 \cdots\cdots (1).$$

Ovenstaaende er den fuldstændige Ligning, svarende til (I) og (II), idet her ogsaa er medtaget Indflydelsen fra σ_1, men i det følgende antages atter $\sigma=0$.

Ligning (1) har nu som bekendt en Løsning af Formen:

$$q=Qe^{-\nu t} \cdots\cdots (2),$$

og ved at differentiere (2) og indsætte i (1) faas:

$$\nu^4(1-\sigma^2)+2\nu^3(K_1+K_2)+\nu^2(h_1^2+h_2^2+4K_1K_2)+2\nu(K_1h_2^2+K_2h_1^2)+h_1^2h_2^2=0 \cdots (3)$$

I ovenstaaende Form vil denne Ligning imidlertid være ret uoverkommelig og ubekvem at løse, og Løsningerne vil blive meget ubekvemme at regne med. Løsningerne vil i Almindelighed blive komplekse og 2 og 2 konjugerede, idet de faar følgende Form:

$$\nu=-K_1'\pm j\nu_1' \quad \text{og} \quad \nu=-K_2'\pm j\nu_2'.$$

Herved bliver Løsningen af (1) til:

$$q = Q_1 e^{-K_1' t} \cos(\nu_1' t + \varphi_1) + Q_2 e^{-K_2' t} \cos(\nu_2' t + \varphi_2) \cdots\cdots (4)$$

Da Svingningernes Amplitude i alle Tilfælde ikke kan være voksende, ses heraf, at K_1' og K_2' maa være positive. Baade q_1 og q_2 vil altsaa være givet ved et Udtryk af Formen (4), blot med forskellige Værdier af de arbitrære Konstanter Q og φ, svarende til de forskellige Begyndelsesbetingelser i de to Kredse.

Af Ligning (4) ses da tillige, at Svingningerne i begge Kredse vil være sammensat af 2 Svingninger med forskellig Dæmpning og forskellig Frekvens, men Svingningerne i de to Kredse har samme Frekvens og samme Dæmpning, idet Værdierne K_1', K_2', ν_1' og ν_2' er fælles for begge Kredse. Endvidere vil det vise sig, at Energimaksimum i den ene Kreds falder samtidig med Energiminimum i den anden, idet Energisvingningerne frembringes ved Interferens mellem de to Svingninger. K_1' og K_2' har ikke saa stor Interesse og er desuden vanskelige at bestemme, derimod er det vigtigt at faa bestemt ν_1' og ν_2' og dette vil være betydelig lettere, naar man antager $K_1 = K_2 = 0$, (altsaa $R_1 = R_2 = 0$, hvilket i de fleste Tilfælde vil være en god Tilnærmelse). Det ses nemlig, at i saa Tilfælde bliver Koefficienterne til ν^3 og ν i Ligning (3) lig med Nul og (3) reduceres herved til en Ligning af 2den Grads Ligning:

$$\nu^4 (1 - \vartheta^2) + \nu^2 (h_1^2 + h_2^2) + h_1^2 h_2^2 = 0 \cdots\cdots (5)$$

$$\nu^2 = \frac{-(h_1^2 + h_2^2) \pm \sqrt{(h_1^2 + h_2^2)^2 - 4 h_1^2 h_2^2 (1 - \vartheta^2)}}{2(1 - \vartheta^2)} \cdots\cdots (6)$$

Da $\vartheta^2 \leqq 1$, er Kvadratroden numerisk mindre end det første Led, og ν^2 er altsaa altid negativ. Sat-

hes $\nu = j\omega$ faas altsaa:

$$\left.\begin{matrix}\omega_1^2\\ \omega_2^2\end{matrix}\right\} = \frac{(h_1^2+h_2^2) \mp \sqrt{(h_1^2+h_2^2)^2 - 4h_1^2h_2^2(1-\varrho^2)}}{2(1-\varrho^2)} \quad \ldots\ldots\ldots (7)$$

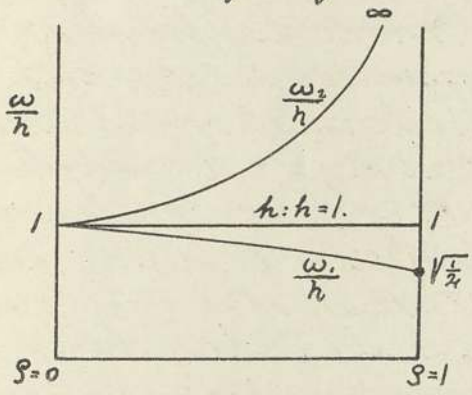
a. $\varrho = 0$ (Kredsene er ikke koblede).
Af (7) faas da $\omega_1^2 = h_1^2$ $\omega_2^2 = h_2^2$ svarende til at de to Kredse slet ikke er koblede.

b. $h_1 = h_2 = h$ (Kredsene har samme Egensvingningstid). Af (7) faas da:

$$\left.\begin{matrix}\omega_1^2\\ \omega_2^2\end{matrix}\right\} = \frac{h^2(1 \mp \sqrt{1-(1-\varrho^2)})}{1-\varrho^2} = \frac{h^2(1\mp\varrho)}{1-\varrho^2} = \frac{h^2}{1\mp\varrho} \quad \ldots\ldots (7')$$

$$\omega_1 = \frac{h}{\sqrt{1+\varrho}} < h \qquad \omega_2 = \frac{h}{\sqrt{1-\varrho}} > h$$

De to Svingninger vil altsaa ligge som vist hosstaaende i Forhold til hinanden og til h. $\varrho = 1$ svarer til det tidligere omtalte Tilfælde, hvor de to Selvinduktioner blev erstattet med en enkelt, og da $h_1 = h_2 = h$, maa endvidere de to Kapaciteter være lige store, altsaa dels Selvinduktionen L i Serie med Kapaciteten $2C$ (ω_1), og dels to Kapaciteter C i Serie (ω_2).



c. $\varrho \cong 1$; $h_1 \neq h_2$ (Meget fast koblede Kredse). Her vil sidste Led under Kvadratrodstegnet i (7) være lille, og man faar da:

$$\left.\begin{matrix}\omega_1^2\\ \omega_2^2\end{matrix}\right\} = \frac{(h_1^2+h_2^2)\left(1 \mp \sqrt{1 - \frac{4(1-\varrho^2)h_1^2h_2^2}{(h_1^2+h_2^2)^2}}\right)}{2(1-\varrho^2)} = \frac{(h_1^2+h_2^2)\left(1 \mp 1 \mp \frac{2(1-\varrho^2)(h_1^2h_2^2)}{(h_1^2+h_2^2)^2}\right)}{2(1-\varrho^2)}$$

$$\omega_1^2 = \frac{h_1^2h_2^2}{h_1^2+h_2^2} < h_1^2 \qquad \omega_2^2 = \frac{h_1^2+h_2^2}{1-\varrho^2} > h_2^2,$$

idet det antages, at $h_1 < h_2$. Det ses, at naar ϱ nærmer sig

til 1, vil ω_1 nærme sig til en bestemt Grænse og ω_2 vil nærme sig til ∞.

d. $\varrho \ll 1$; $h_1 \leqq h_2$. (Svagt koblede Kredse.)

$$\left.\begin{matrix}\omega_1^2\\ \omega_2^2\end{matrix}\right\} = \frac{(h_1^2+h_2^2) \div \sqrt{(h_1^2-h_2^2)^2+4\varrho^2 h_1^2 h_2^2}}{2(1-\varrho^2)}$$

$$\left.\begin{matrix}\omega_1^2\\ \omega_2^2\end{matrix}\right\} = \frac{(h_1^2+h_2^2) \div (h_2^2-h_1^2)\left(1+\frac{2\varrho^2 h_1^2 h_2^2}{(h_1^2-h_2^2)^2}\right)}{2(1-\varrho^2)}$$

$$\omega_1^2 = \frac{h_1^2 - \frac{\varrho^2 h_1^2 h_2^2}{h_2^2-h_1^2}}{1-\varrho^2} = \frac{h_1^2\left(1-\varrho^2\frac{h_2^2}{h_2^2-h_1^2}\right)}{1-\varrho^2} < h_1^2$$

$$\omega_2^2 = \frac{h_2^2 + \frac{\varrho^2 h_1^2 h_2^2}{h_2^2-h_1^2}}{1-\varrho^2} = \frac{h_2^2\left(1+\varrho^2\frac{h_1^2}{h_2^2-h_1^2}\right)}{1-\varrho^2} > h_2^2.$$

naar $h_1 < h_2$

Resultatet af ovenstaaende Eksempler bliver altsaa, at man altid faar to Svingninger, hvis Vinkelfrekvenser ω_1 og ω_2 altid er forskellige fra hinanden og fra de oprindelige h_1 og h_2. Endvidere ligger altid Værdierne af h_1 og h_2 mellem Værdierne af ω_1 og ω_2. Ved speciell Valg af Begyndelsesbetingelserne kan man faa Amplituden hørende til enten ω_1 eller ω_2 til at blive Nul, men Værdien af den tilsvarende ω forbliver selvfølgelig uforandret. Ovenstaaende Forhold kan let illustreres ved Hjælp af to Pendler, der ophænges ved Siden af hinanden saaledes, at det enes Svingninger gennem Ophængningen indvirker paa det andet.

Bestemmelse af Konstanterne Q og φ. Det antages som før, at Kredsene svinger uden Dæmpning, altsaa: $K_1 = K_2 = K_1' = K_2' = 0$, $e^{-K_1' t} = 1$, $e^{-K_2' t} = 1$. Man har da:

$$q = Q_1' \cos(\omega_1 t + \varphi_1') + Q_2' \cos(\omega_2 t + \varphi_2') \quad \ldots\ldots (1)$$

$$q = Q_1'' \cos(\omega_1 t + \varphi_1'') + Q_2'' \cos(\omega_2 t + \varphi_2'') \quad \ldots\ldots (2)$$

Antages endvidere $h_1 = h_2 = h$, saa fandtes tidligere:

$$\omega_1^2 = \frac{h^2}{1-\varrho} \qquad \omega_2^2 = \frac{h^2}{1+\varrho}$$

eller:

$\omega_1^2 \div h^2 = \varsigma\,\omega_1^2 \ldots (3)$, $\quad \omega_2^2 \div h^2 = \div \varsigma\,\omega_2^2 \ldots (4)$.

Man har nu at bestemme 8 arbitrære Konstanter og for hver af Kredsene er kun givet to Størrelser, nemlig q og i til Tiden $t = 0$. De fire overtallige Konstanter blev indført ved Differentiationerne af de oprindelige Differentialligninger (I) og (II), men idet ovenstaaende Løsninger (1) og (2) jo ogsaa skal tilfredsstille Ligningerne (I) og (II) identisk, faas herved de manglende Betingelser! Man faar nu af (1) og (2) ved Differentiation:

$$i_1 = \frac{dq_1}{dt} = \div\omega_1 Q_1' \sin(\omega_1 t + \varphi_1') \div \omega_2 Q_2' \sin(\omega_2 t + \varphi_2') \ldots (1')$$

$$\frac{d^2 q_1}{dt^2} = \div\omega_1^2 Q_1' \cos(\omega_1 t + \varphi_1') \div \omega_2^2 Q_2' \cos(\omega_2 t + \varphi_2') \ldots (1'')$$

$$i_2 = \frac{dq_2}{dt} = \text{- - - -

$\delta \cdot Q_1' + \delta_1 Q_1'' = 0$, $\delta \cdot Q_2' \div \delta_1 Q_2'' = 0$

Disse Værdier vil nu af sig selv tilfredsstille (III) da (1) og (2) er fremkommet ved Elimination mellem (I) og (III).

Man har altså: $Q_1'' = \div \frac{\delta}{\delta_1} \cdot Q_1'$ og $Q_2'' = \frac{\delta}{\delta_1} \cdot Q_2'$

Til Tiden $t=0$ antages nu:

$Q_1 = Q_0$, $Q_2 = 0$, $i_1 = 0$ og $i_2 = 0$.

Man faar da de tidligere fundne Ligninger (1a) (2a) (1'a) og (2'a), og ved at indføre $\varphi_1' = \varphi_1'' = \varphi_1$ og $\varphi_2' = \varphi_2'' = \varphi_2$ i disse faas da:

$Q_0 = Q_1' \cos\varphi_1 + Q_2' \cos\varphi_2 \cdots (1b)$ $0 = Q_1'' \cos\varphi_1 + Q_2'' \cos\varphi_2 \cdots (2b)$

$0 = \omega_1 Q_1' \sin\varphi_1 + \omega_2 Q_2' \sin\varphi_2 \cdots (1'b)$ $0 = \omega_1 Q_1'' \sin\varphi_1 + \omega_2 Q_2'' \sin\varphi_2 \cdots (2'b)$

Ved at indføre Udtrykkene for Q_1'' og Q_2'' i (2'b) faas endvidere af denne, idet $\frac{\delta}{\delta_1}$ kan bortdivideres:

$$0 = \div \omega_1 Q_1' \sin\varphi_1 + \omega_2 Q_2' \sin\varphi_2$$

og ved at tage denne sammen med (1'b) ses det, at Tegn Led i disse Ligninger maa være Nul, og altså maa man have: $\sin\varphi_1 = \sin\varphi_2 = 0$ $\varphi_1 = \varphi_2 = 0$.

Af Ligningerne (1b) og (2b) faas da:

$$Q_0 = Q_1' + Q_2' \quad \text{og} \quad 0 = Q_1'' + Q_2''$$

hvoraf: $Q_1' = Q_2' = \frac{1}{2} Q_0$ og $Q_1'' = \div Q_2'' = \div \frac{\delta}{\delta_1} \cdot \frac{Q_0}{2}$.

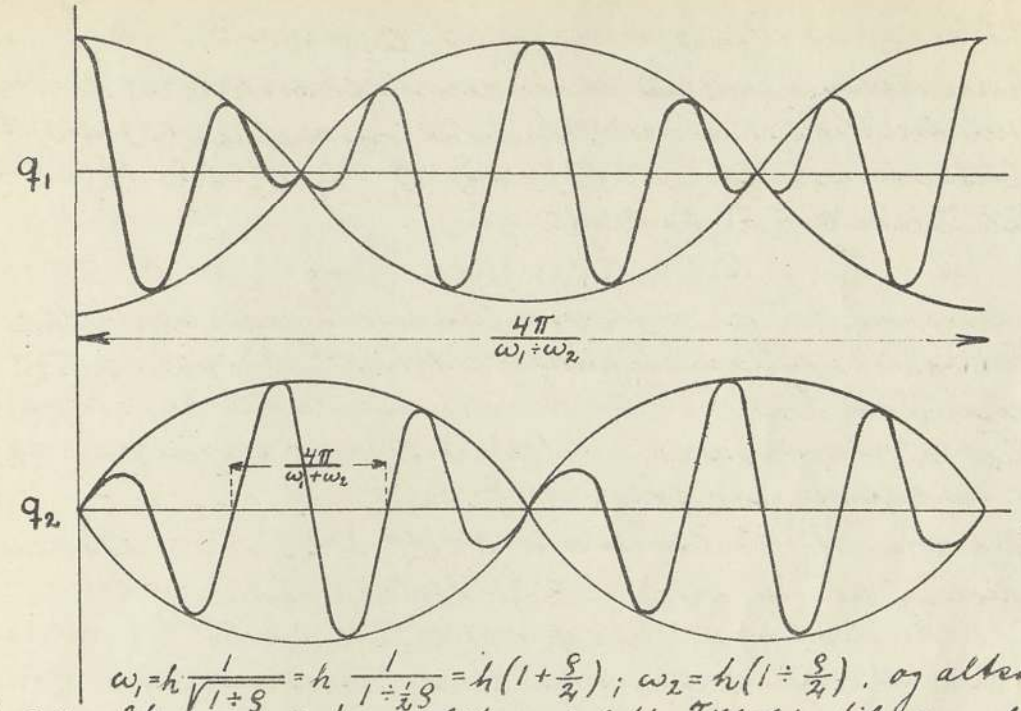
Ved at indsætte disse Værdier i de oprindelige Ligninger (1) og (2) faas da disse paa den endelige Form:

$q_1 = \frac{Q_0}{4} (\cos\omega_1 t + \cos\omega_2 t)$, $q_2 = \frac{\delta}{\delta_1} \cdot \frac{Q_0}{4} (\div \cos\omega_1 t + \cos\omega_2 t)$ eller:

$q_1 = Q_0 \cos(\frac{1}{2}(\omega_1 \div \omega_2)t) \cos(\frac{1}{2}(\omega_1 + \omega_2)t)$, $q_2 = \frac{\delta}{\delta_1} Q_0 \sin(\frac{1}{2}(\omega_1 \div \omega_2)t) \sin(\frac{1}{2}(\omega_1 + \omega_2)t)$.

Svingningerne vil altså have et Forløb som skitseret anstaaende, idet den egentlige Svingning har Frekvensen $\frac{1}{2}(\omega_1 + \omega_2)$, medens Amplitudekurven varierer periodisk med Frekvensen $\frac{1}{2}(\omega_1 \div \omega_2)$. Koblingsgraden kan nu udtrykkes ved det Antal højfrekvente Svingninger, der forløber indenfor en hel Periode af de lavfrekvente. Altså:

$2N = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2\pi} \cdot \frac{2\pi}{\omega_1 \div \omega_2} = \frac{\omega_1 + \omega_2}{\omega_1 \div \omega_2}$, for $\delta \ll 1$ faas da:



$\omega_1 = h\frac{1}{\sqrt{1 \div \vartheta}} = h\frac{1}{1 \div \frac{1}{2}\vartheta} = h\left(1 + \frac{\vartheta}{2}\right)$; $\omega_2 = h\left(1 \div \frac{\vartheta}{2}\right)$. og altsaa:
$2N = \frac{2h}{h \cdot \vartheta}$; $N = \frac{1}{\vartheta}$. Altsaa i dette Tilfalde tilnærmelses=vis omvendt proportional med ϑ. Ved ovenstaaende Konstantbestemmelser gik man ud fra, at Dæmpningen var Nul, men det viser sig iøvrigt, at man faar praktisk talt de samme Fænomener ved Dæmpning. Der vil da i Udtrykkene for q_1 og q_2 komme til at indgaa en Faktor $e^{\div Kt}$, men Frekvenserne ω_1 og ω_2 vil ikke blive meget forandrede. Induceret Svingninger i lukkede Kredse.

Forholdene er forholdsvis simple, saa længe der er Tale om kontinuerlige Svingninger, men Regningerne bliver meget indviklede, naar Talen er om dæmpede Svingninger. I Praksis gaar man imidlertid mere og mere over til at anvende kontinuerlige Svingninger, og derfor skal her kun behandles dette. Man kan da se bort fra Begyndelsestilstandene og først behandle Problemet efter at Egensvingningerne, der jo er dæmpede, er hørt op. Det

bliver da med andre Ord blot en Behandling af Transformatorproblemet i sin almindeligste Form. Der betragtes kun elektromagnetisk Kobling, og det antages at der induceres en E.M.K. $\mathcal{E}_0 \cos \omega t$ i Kreds 1 alene. Man har da: $\mathcal{E}_0 \cos \omega t = L_1 \cdot \frac{d^2 q_1}{dt^2} + R_1 \cdot \frac{dq_1}{dt} + \frac{q_1}{C_1} + L_{1,2} \cdot \frac{d^2 q_2}{dt^2}$ ..... (1).

$$0 = L_2 \cdot \frac{d^2 q_2}{dt^2} + R_2 \cdot \frac{dq_2}{dt} + \frac{q_2}{C_2} + L_{1,2} \cdot \frac{d^2 q_1}{dt^2} \cdots\cdots (2).$$

Naar Egensvingningerne er dødt hen, maa man have Frekvensen ω i begge Kredse og altsaa: $q_1 = Q_1 \cos(\omega t + \varphi_1)$; $q_2 = Q_2 \cos(\omega t + \varphi_2)$. Det viser sig imidlertid her at være lettere at regne med komplekse Symboler og altsaa skrive Løsningen paa følgende Form:

$$q_1 = \div j \cdot Q_{1m} e^{j(\omega t + \varphi_1)} = Q_{1m} \left[\sin(\omega t + \varphi_1) \div j \cos(\omega t + \varphi_1) \right] \cdots\cdots (3)$$

$$q_2 = \div j\, Q_{2m} e^{j(\omega t + \varphi_2)} = Q_{2m} \left[\sin(\omega t + \varphi_2) \div j \cos(\omega t + \varphi_2) \right] \cdots\cdots (4)$$

og endvidere for den inducerede E.M.K.: $\mathcal{E} = \mathcal{E} e^{j\omega t} = \mathcal{E}(\cos \omega t + j \sin \omega t)$

Endvidere anvendes i de følgende Regninger visse Forkortelser, nemlig: $X_1 = \frac{1}{\omega R_1}\left(\frac{1}{C_1} \div \omega^2 L_1\right) = \frac{k_1^2 \div \omega^2}{2\omega k_1}$; $X_2 = \frac{1}{\omega R_2}\left(\frac{1}{C_2} \div \omega^2 L_2\right) = \frac{k_2^2 \div \omega^2}{2\omega k_2}$, hvor x_1 og x_2 er de tidligere omtalte Forstemningskoefficienter for henholdsvis Kreds I og Kreds II, samt:

$y_{1,2} = \frac{\omega L_{1,2}}{\sqrt{R_1 \cdot R_2}}$ = Koblingskonstanten. Som tidligere omtalt kaldes: $S = \frac{L_{1,2}}{\sqrt{L_1 \cdot L_2}}$ = Koblingskoefficienten. Ved nu at differentiere (3) og (4) og indsætte i (1) og (2) faas:

$$(1') \cdots Q_{1m} \sqrt{R_1}(1 \div j x_1) e^{j\varphi_1} + j\, Q_{2m} \sqrt{R_2}\, y_{1,2} \cdot e^{j\varphi_2} = \frac{\mathcal{E}}{\omega \sqrt{R_1}}$$

$$(2') \cdots Q_{2m} \sqrt{R_2}(1 \div j x_2) e^{j\varphi_2} + j\, Q_{1m} \sqrt{R_1}\, y_{1,2} \cdot e^{j\varphi_1} = 0$$

Af (2') faas endvidere:

$$Q_{2m} \sqrt{R_2}\, e^{j\varphi_2} = \div \frac{j Q_{1m} \cdot y_{1,2}}{1 \div j x_2} e^{j\varphi_1} \sqrt{R_1}; \quad Q_{2m} \sqrt{R_2}\, e^{j\varphi_2} = \frac{x_2 \div j}{1 + x_2^2} \cdot y_{1,2} \cdot Q_{1m} e^{j\varphi_1} \sqrt{R_1}$$

$$Q_{2m} \sqrt{R_2}(\cos\varphi_2 + j \sin\varphi_2) = \frac{Q_{1m} \cdot \sqrt{R_1} \cdot y_{1,2}}{1 + x_2^2} (\cos\varphi_1 + j \sin\varphi_1)(x_2 \div j)$$

$$Q_{2m} \sqrt{R_2}(\cos\varphi_2 + j \sin\varphi_2) = \frac{Q_{1m} \cdot \sqrt{R_1} \cdot y_{1,2}}{1 + x_2^2} \left[(x_2 \cos\varphi_1 + \sin\varphi_1) + j(x_2 \sin\varphi_1 \div \cos\varphi_1) \right]$$

Her maa nu den reelle Del for sig og den imaginære for sig være tilfredsstillet og ved at kvadrere og addere de derved fremkomne to Ligninger faas:

$$Q_{2m}^2 \cdot R_2 = \frac{Q_{1m}^2 \cdot R_1 \cdot y_{1.2}^2}{(1+x_2^2)^2}\left(x_2^2\cos^2\varphi_1 + 2x_2\cos\varphi_1\sin\varphi_1 + \sin^2\varphi_1 + x_2^2\sin^2\varphi_1 - 2x_2\cos\varphi_1\sin\varphi_1 + \cos^2\varphi_1\right)$$

$$Q_{2m}^2 \cdot R_2 = \frac{Q_{1m}^2 \cdot R_1 \cdot y_{1.2}^2}{(1+x_2)^2} \quad \ldots (5).$$ Ved at dividere de to Ligninger op i hinanden faas: $$tg\,\varphi_1 = \frac{x_2\sin\varphi_1 - \cos\varphi_1}{x_2\cos\varphi_1 - \sin\varphi_1} = \frac{x_2\,tg\,\varphi_1 - 1}{x_2 + tg\,\varphi_1}$$

$$\cot(-\varphi_2) = -\frac{1}{tg\,\varphi_2} = \frac{x_2 + tg\,\varphi_1}{1 - x_2\,tg\,\varphi_1} = tg(\varphi_1 + arctg\,x_2),\ \varphi_2 = \varphi_1 + arctg\,x_2 - \frac{\pi}{2} \cdots (6).$$

Heraf ses, at Faseforskellen $\varphi_2 - \varphi_1$ mellem Svingningerne i de to Kredse kun er afhængig af Forstemningskoefficienten x_2 i Kreds II. Indføres nu endelig Udtrykkene (5) og (6) i (1'), faas efter Sammentrækning:

$$Q_{1m} = \frac{\mathcal{E}\cos\varphi_1}{\omega R_1\left(1 + \frac{y_{1.2}^2}{1+x_2^2}\right)} \cdots (7) \text{ eller: } Q_{1m} = \frac{\mathcal{E}}{\omega R_1} \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(x_1 - \frac{x_2\,y_{1.2}^2}{1+x_2^2}\right)^2 + \left(1 + \frac{y_{1.2}^2}{1+x_2^2}\right)^2}} \cdot (7a)$$

og endvidere: $$tg\,\varphi_1 = \frac{x_1 - \frac{x_2 \cdot y_{1.2}^2}{1+x_2^2}}{1 + \frac{y_{1.2}^2}{1+x_2^2}} \cdots (8).$$ For Amplitudevardierne af Strømmene faas da: $$J_{1m} = \omega Q_{1m} = \frac{\mathcal{E}}{R_1} \cdot \frac{1}{\sqrt{(\ )^2 + (\ )^2}} \cdots (9)$$

$$J_{2m} = \omega Q_{2m} = \frac{\mathcal{E}}{\sqrt{R_1 \cdot R_2}} \cdot \frac{y_{1.2}}{\sqrt{1+x_2^2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{(\ )^2 + (\ )^2}} = \frac{\mathcal{E}}{\sqrt{R_1 \cdot R_2}} \cdot \frac{y_{1.2}}{\sqrt{1+x_2^2}} \cdot \frac{\cos\varphi_1}{1 + \frac{y_{1.2}^2}{1+x_2^2}} \cdots (10)$$

Den til Sekundærkredsen overførte Effekt er: $P_2 = \frac{1}{2} \cdot J_{2m}^2 \cdot R_2$, og bliver altså Maximum, naar J_{2m} er størst. For at opnaa dette sidste kan man variere: baade $y_{1.2}$, x_1 og x_2.

I Udtrykket for J_{2m} indgaar x_1 kun i $\cos\varphi_1$, og $\cos\varphi_1$ bliver størst for $\varphi_1 = 0$ altså for $tg\,\varphi_1 = 0$, og af Ligning (8) faas da: $x_1 = \frac{x_2 \cdot y_{1.2}^2}{1+x_2^2}$. Er dette opfyldt, faas for J_{2m}:

$$J_{2m} = \frac{\mathcal{E}_m}{\sqrt{R_1 \cdot R_2}} \cdot \left[\frac{y_{1.2}}{\sqrt{1+x_2^2}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{y_{1.2}^2}{1+x_2^2}}\right].$$

og her kan nu varieres paa $y_{1.2}$ og x_2. Leddet inden for [ ] har Formen $\frac{z}{1+z^2}$ for $z = \frac{y_{1.2}}{\sqrt{1+x_2^2}}$, og følgelig bestemmes Maximum ved: $$\frac{d[\ ]}{dz} = \frac{1+z^2 - z \cdot 2z}{(1+z^2)^2} = 0$$ d: $z^2 = 1$. Altså faas Maximum for: $y_{1.2}^2 = 1 + x_2^2$, og Udtrykket for J_{2m} bliver da til: $$J_{2m\,max} = \frac{\mathcal{E}_m}{2\sqrt{R_1 \cdot R_2}}$$ og følgelig: $$P_{2max} = \frac{1}{2} J_{2max}^2 \cdot R_2 = \frac{\mathcal{E}^2}{8 R_1}.$$

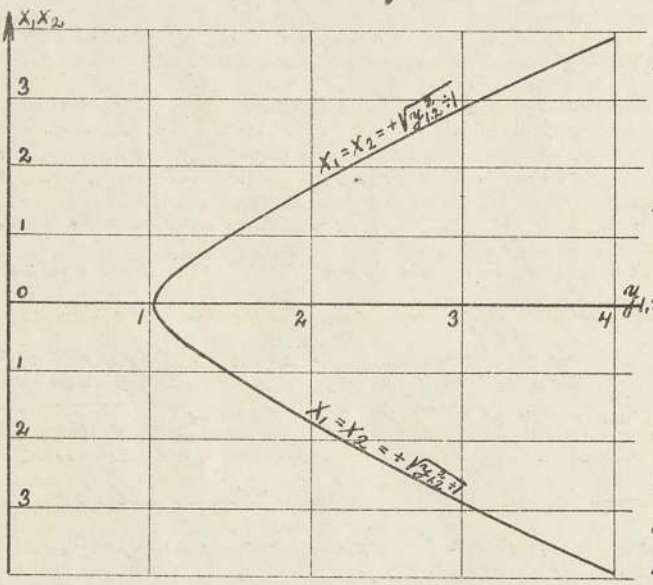
Det ses, at Udtrykket for den maximale Effekt, der kan overføres til Sekundærkredsen, kun er afhængig af den inducerede Spændings Størrelse og af Modstanden i

den primære Kreds. I dette Tilfælde har man udviklet:

$$J_{1m} = \frac{E}{2R_1} \qquad P_1 = \frac{1}{2} J_{1m}^2 \cdot R_1 = \frac{E^2}{8R_1} = P_{2max}.$$

Af den totale, tilførte Effekt bliver altså netop Halvdelen overført til Sekundærkredsen, og som Transformator betragtet har Systemet følgelig en Virkningsgrad paa $\eta = 50\%$. (I Stærkstrømselektroteknikken gælder det ved Konstruktionen af Transformatoren om at faa den størst mulige Del af en vis, tilført Effekt overført til Sekundærkredsen, altsaa, at faa saa høj en Virkningsgrad som muligt, medens det her gælder om at faa den absolut største Effekt der for en given Spænding kan overføres til Sekundærkredsen, og det viser sig da i Almindelighed, at Virkningsgraden bliver nøjagtig 50%).

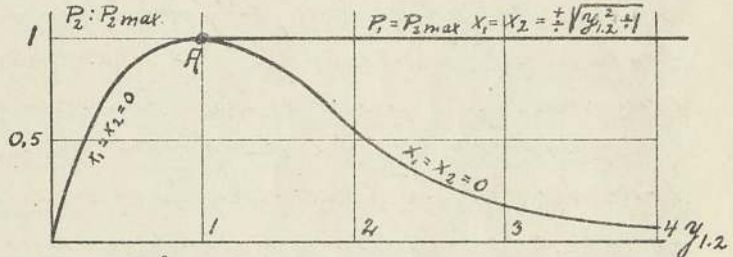
Betingelserne for, at ovenstaaende Effektoverføring til Sekundærkredsen fandt Sted, var altsaa: $x_1 = x_2 = \pm\sqrt{y_{1,2}^2 \div 1}$.



Sammenhængen mellem $y_{1,2}$ og x_1 og x_2 er altsaa givet ved en Hyperbel som vist hosstaaende.

Naar $y_{1,2} > 1$ skal altsaa hverken den primære eller den sekundære Kreds være afstemt efter den ankommende Bølges Frekvens, men for begge Kredse skal Frekvensen rykkes ud til samme Side for den ankommende og desto mere, jo større $y_{1,2}$ er. For $y_{1,2} = 1$ skal $x_1 = x_2 = 0$ og altsaa begge Kredse være afstemt efter den ankommende Bølge.

For $y_{1.2} < 1$ kan man slet ikke opnaa at faa den absolut største Effekt overført til Sekundærkredsen, men det viser sig, at man faar et relativt Maximum for $x_1 = x_2 = 0$, altsaa begge Kredse afstemt efter den ankommende Bølge. Værdien for P_2 er givet ved hosstaaende Kurve. I dens Abscisse er benyttet $y_{1.2}$ og som Ordinat Forholdet $P_2 : P_{2max}$.



For $x_1 = x_2 = 0$ faas $\varphi_1 = 0$ $\cos\varphi_1 = 1$ og altsaa:

$$J_{2m} = \frac{\mathcal{E}}{\sqrt{R_1 \cdot R_2}} \cdot y_{1.2} : \frac{1}{1 + y_{1.2}^2}$$

og følgelig:

$$P_2 = \frac{1}{2} \cdot J_{2m}^2 \cdot R_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\mathcal{E}^2}{R_1} \cdot \frac{y_{1.2}^2}{(1 + y_{1.2}^2)^2}$$

For $y_{1.2} = 1$ faas heraf:

$$P_{2max} = \frac{\mathcal{E}^2}{8 R_1}$$

og altsaa: $P_2 : P_{2max} = 4 \frac{y_{1.2}^2}{(1 + y_{1.2}^2)^2}$. I Praksis vil man nærmest stræbe efter at benytte en Tilstand svarende til Punktet A, altsaa med $x_1 = x_2 = 0$, $y_{1.2} = 1$.

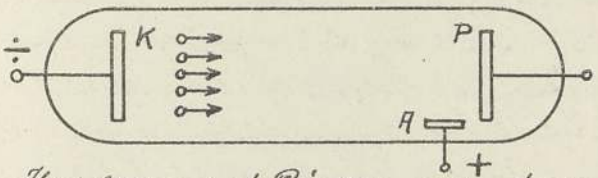
Hvis man ikke anvender koblede Kredse, men indskyder Modtageren direkte i Primærkredsen, faar man, som vist paa Plan E Fig. 1: $J_{2max} = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + r}$, hvor r er Modstanden i Modtagerapparatet og $r + R_1$ altsaa Kredsens totale Modstand. Den maximale Effekt, der tilføres Modtageren, bliver altsaa: $P_{max} = \frac{1}{2} \frac{\mathcal{E}^2}{(R_1 + r)^2} r$. Dette Udtryk bliver Maximum for $r = R_1$, hvorved faas: $P_{max} = \frac{\mathcal{E}^2}{8 R_1}$, altsaa nøjagtigt det samme, som man maximalt kunde faa transformeret over. Man kan altsaa ikke effektmæssigt vinde noget ved Transformeringen, men tværtimod tabe en Del, idet den i dens sekundære Kreds altid vil være nogen Modstand foruden den egentlige Nyttemodstand i Modtageren. At det dog i mange Tilfælde er en Fordel at anvende Transforme-

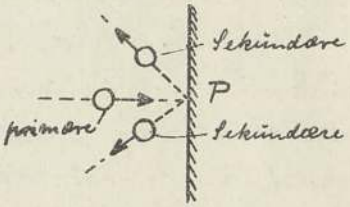
ring ses ved at betragte Selektiviteten: I den primære Kreds har man inden Modtageren indskydes det logaritmiske Dekrement bestemt ved: $\delta_{10} = \pi \cdot R_1 \sqrt{\frac{C_1}{L_1}}$, og indskydes derpaa en Modtager med Modstanden $r = R_1$, bliver d. log. Dek. δ_1 bestemt ved: $\delta_1 = 2 \cdot \delta_{10}$. Selektiviteten bliver altsaa nedsat til det halve og er som Regel i Forvejen ikke stor for Primærkredsen. Derimod viser det sig, at ved Transformering vil hele Systemets Selektivitet blive paavirket desto mindre af Selektiviteten i den sekundære Kreds, jo mindre $y_{1,2}$ er, og dette gælder endnu i et væsentlig Grad for $y_{1,2} = 1$, saa den samlede Selektivitet ikke nedsættes synligt, om man da indskyder Modtageren i den sekundære Kreds. Den Gevinst, man opnaar, kan udtrykkes ved følgende: $\frac{S_2'}{S_1'} = \frac{S_2}{S_1} \div 1$, hvor S_1 og S_2 er Selektiviteterne for de enkelte, ukoblede Kredse.

S_2' er det samlede Systems Selektivitet ved Transformering med $y_{1,2} = 1$ og $R_1 = R_2 = 0$. S_1' er det samlede Systems Selektivitet, naar Modtageren er indskudt i Primærkredsen og $r = R_1$. (Der eksisterer da ingen sekundær Kreds).

For $S_2 = 10 \cdot S_1$, hvilket meget vel kan tænkes, faas da: $S_2' = 9 \cdot S_1'$. Denne større Selektivitet opnaas altsaa tildels paa Bekostning af Effekten, der tilføres Modtageren, idet man kan regne, at maaske ca. 80% af den til Sekundærkredsen overførte Effekt optages af selve Modtageren.

Termionapparater. (Elektronteknik). Paavisning af svage, højfrekvente Strømme. (Detektorer.) I de senere Aar har Termionapparater med højt Vacuum fundet udstrakt Anvendelse i Svagstrømsteknikken, f. Eks. til Forstærkning af svage Strømme og som Detektorer i Radiotelegrafien (og -telefonien). Vi vil derfor, som Indledning til Omtalen af nogle af de Metoder, der benyttes i Modtageren i Radiotelegrafien, ganske kort skitsere enkelte af disse Elektronapparater.





Hvis man i et Rør som ovenstaaende, og i hvilket Luften er stærkt fortyndet, paa en eller anden Maade faar frembragt Katodestraaler eller med andre Ord faar Elektronen til at udsendes fra K henimod Pladen P, vil Elektronerne, naar deres Hastighed ikke er for stor, absorberes af Pladen og lade denne negativ. Bliver Hastigheden større, vil der komme et Tidspunkt, hvor der frigøres en Elektron fra P, hvor Gang en anden træffer den og trænger ind i den, saa Pladen nu ikke mere lades op, og voksen Hastigheden yderligere, vil Resultatet være, at hver Gang en Elektron (den primære) træffer P, vil samtidig to eller flere andre Elektronen (de sekundære) blive frigjort ved P. Hvis P en negativ vil de sekundære Elektronen fjerne sig fra P i alle Retninger, saa Pladen nu har en negative Ladning. Paa Grundlag heraf har A. W. Hull (General Electric Co.) konstrueret den af ham kaldte „Dynatron", der i sine Egenskaber fuldstændig svarer til en „negativ Modstand" Fig. 1. Anoden dannes af et Gitter eller en gennemhullet Plade, der bestaar f. Eks af ganske tynde Metaltraade vikket op omkring to Glaspinde. Katoden bestaar af en Glødetraad, der fødes af et særligt Batteri. Anoden holdes paa en

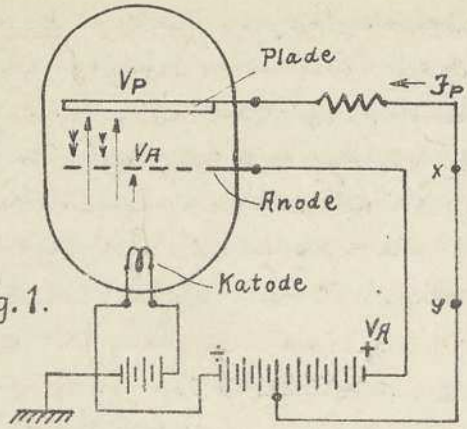


Fig. 1.

konstant høj Spænding V_A, medens Spændingen paa Pladen P kan varieres. Karakteristikken for Apparatet bliver nu som vist Fig. 2. Elektronerne vil vandre fra K henimod A. Langt den største Part af dem vil passere Maskerne i Anoden og vandre videre hen imod P. Naar Spændingen V_P er Nul, vil Elektronerne blive bremset paa Vejen fra A til P og vil trækkes tilbage til A igen, saaledes at $J_P = 0$.

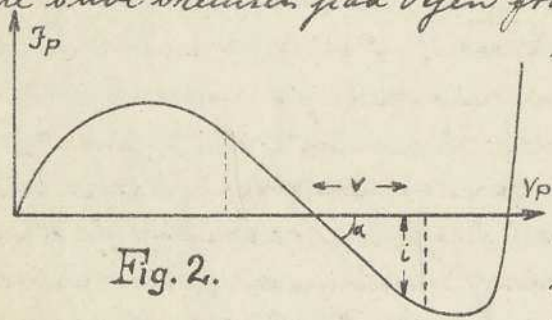


Fig. 2.

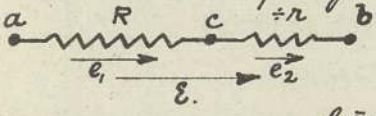
Stiger nu V_P, vil flere og flere Elektroner naa over til Pladen og blive absorberede af denne, og der vil altsaa komme en voksende Strøm J_P, som vist paa Figuren. Naar V_P stiger yderligere, vil P begynde at frigøre Elektroner paa Grund af de ankommende Elektroners større Hastighed, og de frigjorte Elektroner vil af det elektriske Felt føres over til Gitterelektroden, hvorved J_P atter vil falde. Naar det Stadium er naaet, hvor P frigør lige saa mange Elektroner, som der ankommer, vil J_P være Nul, og stiger Antallet af sekundære Elektroner yderligere, vil J_P altsaa blive negativ.

Naar endelig P's Spænding bliver lig med Anodespændingen, vil de sekundære Elektroner ikke naa over til Anoden, men igen blive trukket tilbage til P, saa J_P nu igen bliver positiv og derefter voksen stærkt med V_P. Det ses af Karakteristikken, at paa Strækningen mellem de punkterede Linier vil Strømmen aftage saa godt som lineært med voksende V_P. Man kan

da f. Eks. sætte en konstant Spænding V_p paa Pladen, af en saadan Størrelse, at J_p netop er Nul. Ved nu at indskyde en Spænding v mellem Klemmerne x og y, kan man paa Ohms Lov fuldstændig tilfredsstillet for Apparatet, idet: (med Betegnelsen i i Stedet for J_p) $v = \div r \cdot i$. Apparatet virker altsaa som om det havde en negativ Modstand af Størrelsen $\div r$.

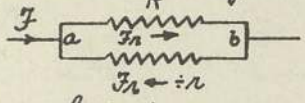
Størrelsen af Modstanden er bestemt ved: $v \operatorname{tg} \alpha = \div i$ hvoraf $r = \div v : i = \cot \alpha$. Grænserne for den retlinede Karakteristikk kan ligge i en Afstand fra hinanden paa flere hundrede Volt og med en Variation i Strømmen paa indtil 20-30 Milliamp.

Anvendelser af Dynatronen. 1). Sættes en saadan negativ Modstand i Serie med en almindelig Modstand, saa faar man:



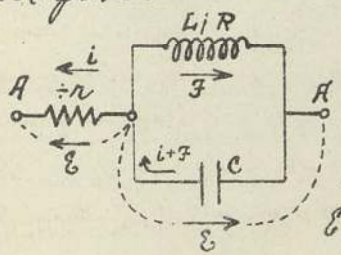
$$e_1 = J \cdot R\,; \quad e_2 = \div J \cdot r. \qquad \mathcal{E} = J(R \div r). \qquad \frac{e_1}{\mathcal{E}} = \frac{R}{R \div r}.$$

Man kan herved opnaa at faa en Spænding e_1, der er indtil flere hundrede, ja tusinde, Gange den oprindelige Spænding $\mathcal{E}$.

2). 

Forbindes en almindelig Modstand parallelt med en negativ Modstand saa faar man: Ledningsevne: $= \frac{1}{R} \div \frac{1}{r}$; Modstand: $= \frac{R \cdot r}{r \div R}$; for $r = R$ faar Systemet altsaa Modstanden ∞. Man har nemlig i dette Tilfælde $J_R \cdot R = J_r \cdot r$ og $J + J_r = J_R$, altsaa: $\frac{J_R}{J} = \frac{R}{R \div r}$.

For $r = R$ skulde altsaa J_R blive uendelig stor, hvilket selvfølgelig ikke vil ske, da man i saa Tilfælde ikke mere befinder sig paa den retlinede Del af Karakteristikken, men man kan dog opnaa en meget betydelig Forøgelse af Strømmen (indtil flere Hundrede Gange, alt efter Størrelsen af J.). 3). Fremskydes en negativ Modstand i Serie med en Svingningskreds som vist, idet man altsaa maa tænke sig de to Punkter A forbundet direkte, saa faas:



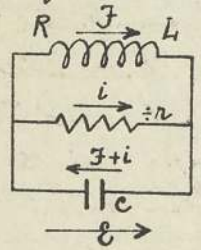
$$\mathcal{E} = J \cdot R + L \cdot \frac{dJ}{dt} \cdots\cdots (1) \text{ og } \div \mathcal{E} = \frac{1}{C} \int (J + i)\, dt \cdots\cdots (2) \text{ eller}$$

$\frac{dE}{dt} = \div\frac{1}{C}(J+i) \cdots (2)$, samt: $E = \div r \cdot i \cdots (3)$. Indsættes (3) i (2) fås:
$\frac{dE}{dt} = \frac{1}{C}\left(\frac{E}{r} \div J\right) = \frac{1}{C}\left(J\cdot\frac{R}{r} + \frac{L}{r}\frac{dJ}{dt} \div J\right) \cdots (4)$. Ved Differentiation af (1) fås: $\frac{dE}{dt} = R\cdot\frac{dJ}{dt} + L\cdot\frac{d^2J}{dt^2} \cdots (5)$. Af (4) og (5) fås da:
$L\cdot\frac{d^2J}{dt^2} + \left(R \div \frac{L}{r\cdot C}\right)\frac{dJ}{dt} + \frac{1}{C}\cdot J\left(1 \div \frac{R}{r}\right) = 0 \cdots (6)$, $\frac{d^2J}{dt^2} + \left(\frac{R}{L} \div \frac{1}{rC}\right)\frac{dJ}{dt} + \frac{J}{LC}\left(1 \div \frac{R}{r}\right) = 0$

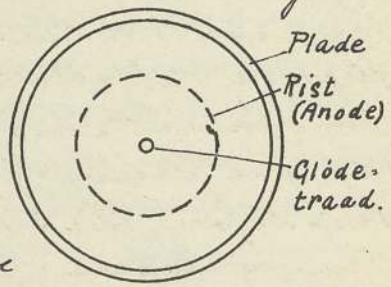
Dette er den sædvanlige Formel for en Svingningskreds, idet der blot er kommet Leddene $\div\frac{R}{r\cdot C}$ og $\div\frac{R}{r}$ til. Hvis Udladningen er oscillatorisk, fås da: $J = J_1 e^{\div K_1 t}\cos(\omega t + \varphi_1)$, hvor $K_1 = \frac{1}{2}\left(\frac{R}{L} \div \frac{1}{r\cdot C}\right)$.

For $\frac{R}{L} > \frac{1}{rC}$ eller $R\cdot r > \frac{L}{C}$, vil man altså som sædvanlig få aftagende Svingningen. For $R\cdot r = \frac{L}{C}$ fås $K_1 = 0$ og i dette Tilfælde fås altså Svingningen med konstant Amplitude, og endelig fås for $r\cdot R < \frac{L}{C}$ en voksende Amplitude, idet der dog vil indtræde en Ligevægtstilstand, da Karakteristikken for den negative Modstand jo før eller senere bliver krum. Man kan altså herved opnaa at gøre Svingningskredsens Dæmpning saa lille, som man selv har Lyst til.

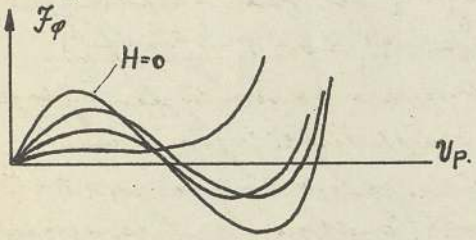
I Almindelighed har man: $J = J_1 e^{K_1 t} + J_2 e^{K_2 t}$ eller $V = V_1 e^{K_1 t} + V_2 e^{K_2 t}$, hvor $\left.\begin{matrix}K_1\\K_2\end{matrix}\right\} = \div\left(\frac{R}{L} \div \frac{1}{r\cdot C}\right) \pm \sqrt{\frac{1}{4}\left(\frac{R}{L} + \frac{1}{r\cdot C}\right)^2 \div \frac{1}{LC}}$ og man får altså Svingninger for: $\frac{1}{L\cdot C} > \frac{1}{4}\left(\frac{R}{L} + \frac{1}{r\cdot C}\right)^2$. For $r = R$ bliver $K_1 = 0$ og ved at betragte nedenstaaende Skema, der i Virkeligheden er det samme som ovenfor, ses det umiddelbart, at naar $r = R$, kan C staa med konstant Ladning og Spænding E, idet man for Jævnstrøm i dette Tilfælde vil have $J + i = 0$.



Den numeriske Værdi af $\div r$ vokser med Glødetraadens Temperatur, og Intervallet for den retlinede Del af Karakteristikken afhænger af Anodepotentialet. Man kan altså variere $\div r$ ved at variere Temperaturen af Glødetraaden, men denne Variation vil da ikke ske særlig hurtigt. Derimod kan man let variere $\div r$ ved Hjælp af et Magnetfelt, naar Apparatet er bygget som vist nedenstaaende. Normalt vil da Elektronbanen



re være radiære, men anbringes Apparatet i et Felt, med Feltretningen vinkelret paa Papirets Plan, vil Banerne blive krumme og nærme sig mere tangentielt til Anoden, hvorved kun et mindre Antal slippes forbi denne, saaledes, at J_p bliver mindre og $\div r$ altsaa større. Man kan herved forandre Karakteristikkens Form betydeligt som vist hosstaaende, blot ved smaa Variationer i Feltstyrken. Det varierende Magnetfelt kan f. Eks frembringes af en Telefon, og Apparatet virker praktisk talt uden Trægbed.



Ensrettere. (Kenotron.)

Sætter en Vekselspænding paa Apparatet Fig. 1, vil der gennem dette kun kunne gaa Strøm fra Pladen til Glødetraaden svarende til, at denne afgiver negative Ioner, idet den kolde Plade ikke kan frigøre Elektronen. Glødetraaden anbringes tæt op ad Pladen, som vist, for at undgaa de store Rumladninger, der deformerer Feltet. Ved høj Spænding kan Traaden rives i Stykker af elektrostatiske Kræfter, hvorfor man anvender en Form som vist paa Fig. 2., hvor disse Kræfter virker symmetrisk paa Traaden. Apparatet kan ogsaa anvendes til store Strømstyrker, idet Elektroderne kun angribes af de positive Ioner, og saadanne findes ikke her, da Apparatet er meget nær lufttomt. Af samme Grund er man intet til Strømmen, da der intet Lys fremkommer. Lyset hidrører nemlig fra Ionisationen.

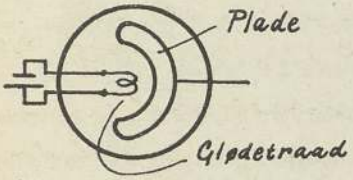


Fig. 1.

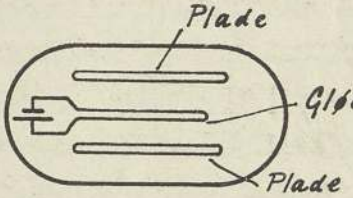
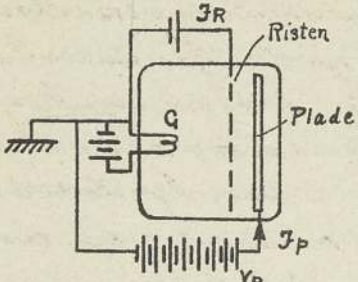


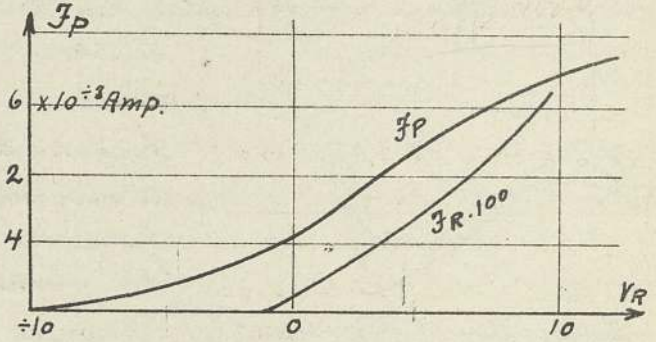
Fig. 2.

Forstærker = Pliotron (Forstrømment, den giver mere).

Apparatet er konstrueret ganske som Ky-

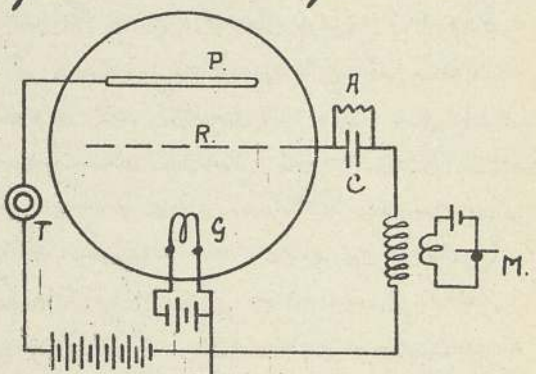


natronen og en som denne praktisk talt luftfom, men her sætter man nu den konstante høje Spænding paa Pladen og varierer Ristens Potential. Karakteristikken



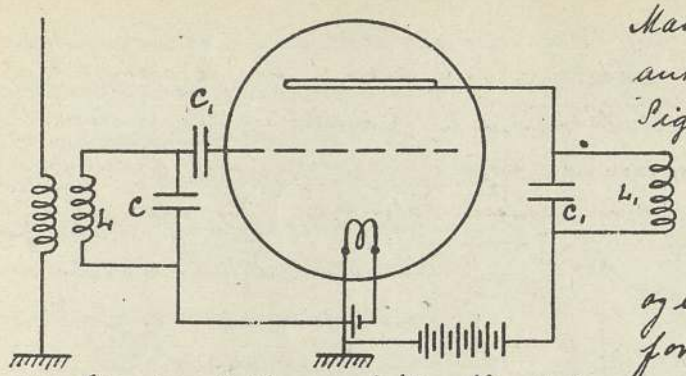
vil være som vist herstaaende, idet J_P vil være Nul, naar V_R er stærkt negativ og voxe stærkt, naar V_P bliver positiv. Da Gitterets Kapacitet er lille, vil Strømmen J_R være meget lille og praktisk talt Nul, naar $V_R < 0$. Det har vist sig, at J_P kan udtrykkes ved: $J_P = J_0 (V_P + k \cdot V_R)^{3/2}$. Der skal altsaa kun en meget ringe Effekt til at variere Ristens Potential, og man kan opnaa en Variation i J_P paa 1-2 Milliampere ved en Variation paa 1 Volt af V_R.

Anvendt i et Telefonkredsløb indskydes Pliotronen som vist. Kondensatoren C skal bevirke, at det store Batteri virkelig er indskudt mellem Glødetraaden og Pladen og ikke mellem Risten og Pladen. Da Ristens



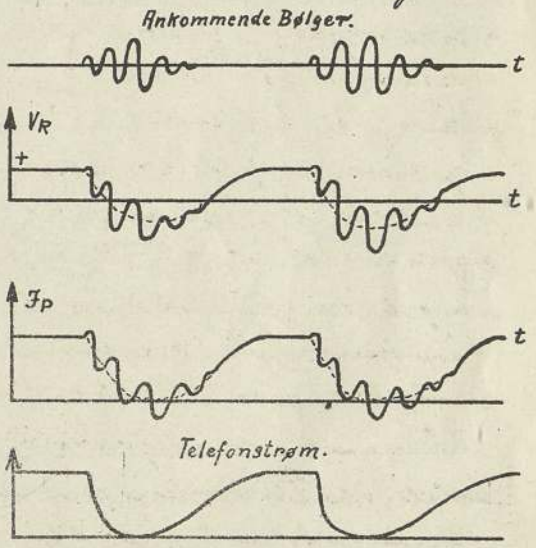
Kapacitet er ringe, faas altsaa en stor Spændingsvariation med en lille Strømvariation. Risten vil efterhaanden laades negativt op, og kan da tilsidst virke spærrende, hvis den ikke findes en lille Afledning A paa C. Denne er dog saa lille, at man i Almindelighed ikke behøver at indskyde den kunstigt.

Omstaaende Figur viser Pliotronen anvendt paa lignende

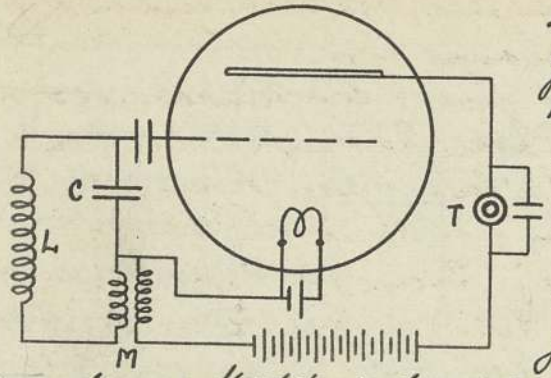


Maade til Forstærkning af ankommende traadløse Signaler. Jo mindre J_R er, desto mindre Kraft behøver man til at styre Apparatet med, og endvidere sørger man for, at den gennemsnitlige Værdi af V_R er Nul. Indskydes i Stedet for $L_1 C_1$ en Telefon, saa bliver Virkningen som vist ved nedenstaaende Diagrammer.

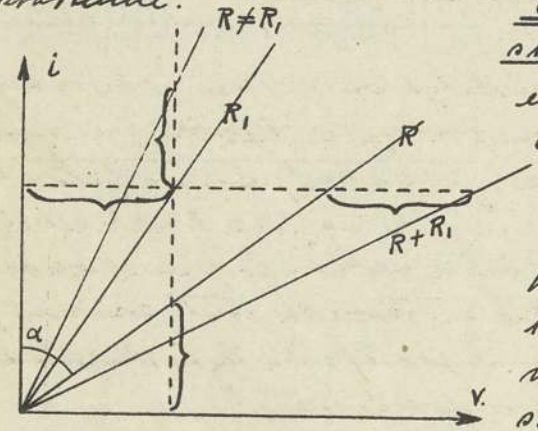
Naar Bølgerne ankommer, vil Risikopotentialet variere i Overensstemmelse hermed, og samtidig oplades Risten negativt. Afledningen i C_1 skal da være saa stor, at denne negative Ladning atter er forsvundet inden det næste Bølgetog ankommer. Telefonen vil ikke gengive de høj frekvente Svingninger, men kun et Knæk for hvert Bølgetog. Apparatet virker altsaa paa denne Maade, baade som Detektor og Forstærker paa een Gang. Benyttes et Apparat, der ikke er stærkt lufttomt (Audion), saa behøver man ikke saa høj Anodespænding, og Forstærkningen bliver større, men Forholdene kompliceres iøvrigt af de positive Ioner, som ogsaa efterhaanden ødelægger Glødetraaden, ligesom Apparatet heller ikke er saa stabilt her.



Hvis man indskyder en gensidig Induktion M, som vist ovenstaaende, vil den forstærkede Svingning inducere tilbage



til Kredsen LC og derpaa gennemgaa Processen een Gang til, og man kan derved opnaa yderligere Forstærkning. Virkningen afhænger af, hvor fast de to Kredse er koblet sammen gennem M. Er Koblingen meget fast, kan man paa denne Maade endog naa til at faa en Generator for højfrekvente Strømme, idet Systemet tilsidst bliver selvstartende.



Ensretterne. Karakteristikfremstilling. For en ohmsk Modstand er Karakteristikken rettelinet, som vist hosstaaende. Man har for Modstanden R:

$i \cdot R = V \qquad tg\alpha = \frac{V}{i} = R$. Sammensætning af to Modstande i Serie og parallelt foregaar nu som vist paa Figuren og samme Fremgangsmaade anvendes, naar Talen er om krumme Karakteristiken.

Ensretternes Egenskaber og Anvendelser beror paa deres krumme Karakteristik, som vist paa Fig. 2 og 3 Tavle I.

Pl. I Fig. 5. Hvad Ensretningen ved Krystaldetektoren egentlig skyldes, er man ikke rigtig klar over.

Pl. I. Fig. 4. Det ses af Karakteristiken, at Evnen til Ensretning er størst der, hvor Karakteristiken er mest krum, man giver derfor Ensretterne en konstant Polarisationsspænding V_0, og flytter altsaa derved Nulpunktet hen til det krummeste Sted.

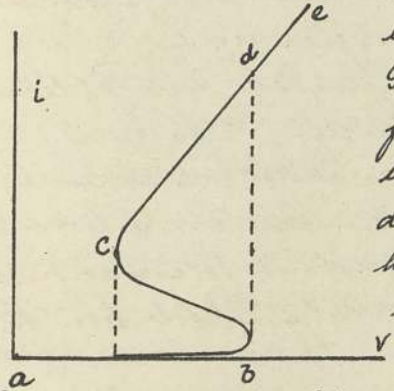
Pl. I. Fig. 6. Polarisationsspændingen er her ca. 2,9 Volt, og

man polariseren i Almindelighed, saa Platinspidsen er positiv. Apparatet bruges dog ikke meget mere.

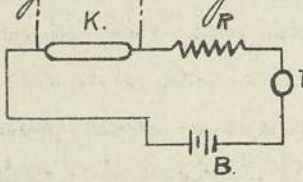
Pl. I. Fig. 8. Formel 1 giver i som Funktion af v udtrykt ved Maclaurins Række. Da v antages lille, er der kun medtaget de 3 første Led. Ifølge Ligning (2) (se Fig. 3 Pl. I) vil Integrationen give Resultatet Nul for alle Led, som indeholder v i en ulige Potens, og tilbage bliver altså kun Leddet med $\left(\frac{d^2 i}{dv^2}\right)_0$. Denne Størrelse er et Maal for Krümningen i Begyndelsespunktet, og det ses heraf, at J_0 bliver størst, naar man polariserer hen til det Punkt, hvor $\frac{d^2 i}{dv^2}$ har den største Værdi. Endvidere ses det, at J_0 bliver proportional med V_m^2.

Pl. I. Fig. 10 og Fig. 11. Kurvestykket ac kan ikke optages eksperimentelt, idet man med stigende Spænding vil springe pludselig fra a til b og under faldende Spænding falde fra c til d. Naar man dog kan tænke sig dette Stykke eksisterende, bidrager det fra, at man, ved at sætte en Modstand i Serie med Lederen, kan faa en Karakteristik som vist paa Fig. 11. Man kan ogsaa komme fra Fig. 11 til Fig. 10 ved at sætte en negativ Modstand i Serie med Lederen.

Koheren. Denne bestaar som bekendt af et Glasrør, hvori der mellem to Metalelektroder er anbragt en lille Del Metalkorn af Guld, Sølv eller Staal. Karakteristikken for Koheren er som vist hosstaaende, idet den indtil en vis Værdi af Spændingen har en meget stor Modstand, hvorefter Modstanden pludselig synker stærkt, naar man nu kommer op paa Karakteristikken d c. Naar Spændingen derefter aftager, vil Strømmen stadig være



givet ved Karakteristiken d C, men man kan da atter komme til Tilstanden a B ved at banke paa Koheren. Denne saakaldte Kohærevirkning blev først iagttaget af Frankmanden E. Branley. Det ulæmpelige ved Koheren er, at Punktet B ikke er særlig konstant, men i nogen Grad afhængen af Kornenes øjeblikkelige Tilstand og Lejring. Man kan derfor ikke polarisere særligt følsomt. Endvidere reagerer den overfor selv yderst kortvarige Spændingsforhøjelser udover Punktet C, og er derfor yderst følsom overfor atmosfæriske Forstyrrelser. Af disse Grunde bruges Koheren ikke mere



Koheren indskydes i Kredsløbet som vist hosstaaende, idet Batteriet tjener til Polarisationen og til at levere Strøm til Relaiset.

Frekvensskiftere. Pl. M Fig 4. De fleste af disse Frekvensskiftere er byggede paa det Forhold, at naar H er sinusformet, vil den magnetiske Induktion B indeholde en Række Overtoner.

Pl. M Fig. 1. For N = 2 forsvinder altsaa Grundtonen, medens den 2. harm. bliver fordoblet, 3. harm. forsvinden, 4. harm. bliver fordoblet o. s. v. For N = 3 bliver paa lignende Maade 3-6-9 ··· harmoniske tredoblet, og de øvrige forsvinden.

Pl. M Fig. 3. Ved Hjælp af Viklingen T bringes den magnetiske Tilstand op til den konstante Kraft H_0, og Amplituden for Vekselfeltet er H_n. Kraftkoefficientalet vil da variere som vist ved C i de to Halvdele af Transformatoren og sammensættes altsaa til en Kurve, hvor den 2. harmoniske er stærkt fremtrædende. Dæmpemodstanden D er indskudt, for at holde Ho konstant, og det er antaget at Vekselstrømmen er sinusformet.

Pl. M Fig. 6. De smaa Ringe bliver praktisk talt mættede og vil derfor hjælpe til at fremelske Overtonerne ifølge Fig. 4. Derimod er den store Kerne langt fra mættet. Man faar et meget stort Hysteresistab og derudover faas et stort Hvirvelstrømstab, hvis man ikke gaar helt ned til ca. 1/20 Tm. lg. Blik. Frekvenskifteren vil ogsaa fremelske den 9. harm. og da Apparatet kun bruges til store Stationer med store Bølgelængder, kan det her være gerningende ogsaa at have en Bølge med 1/3 eller 1/9 af denne Bølgelængde. Det skal dog under Krigen være lykkedes at faa disse højere harmoniske svækket stærkt.

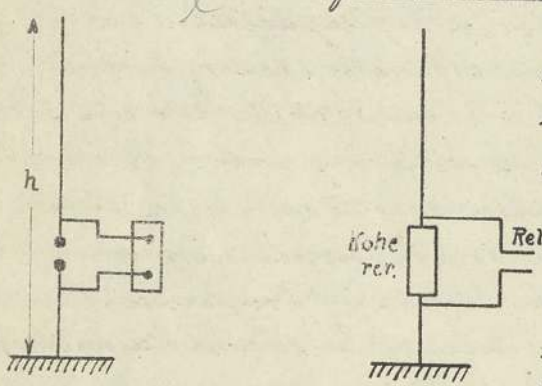
Pl. M Fig. 5. Man kan her nok opfatte det, saa de to Grundbølger opheves indbyrdes, men det er da ikke altid sikkert, at de 3. harm. er i Fase og netop superponeres som vist.

Mekaniske Højfrekvensgeneratoren. Pl. S. Fig. 1-2-3 og 4. Det skulde nu være nødvendigt af Hensyn til Centrifugalkraften. Mellemrummene mellem Tænderne i Rotor er udfyldt med Fosforbronze for ikke at faa for stor Luftmodstand. Man er ved Bygningen gaaet til de yderste Grænser for Materialets Anstrengelse.

Pl. S. Fig. 5 og Fig. 6. Stator fødes af Batteriet og Strømmen holdes konstant ved Hjælp af Vaugenreguller. Rotor vil i Retning langs Stator inducere Vekselspændingen med Periodetallet $N \div N = 0$ og $N + N = 2N$, idet den ved Rotationen i Rotor fremkaldte Strøm har Frekvensen N. Nu er Kredsen $L_2 C_2 L_2' C_2'$ afstemt efter Frekvensen 2N, idet $L_2 C_2$ alene er afstemt efter Frekvensen 2N og $C_2' L_2'$ ligeledes for sig er afstemt efter Frekvensen 2N. I Statorviklingen vil derfor fremkaldes Frekvensen 2N, som i Rotor vil inducere Svingningen af Frekvensen $2N \div N = N$ og $2N + N = 3N$. Frekvensen N findes i Forbindelsen, idet Kredsene $C_1 L_1$ og $C_1' L_1'$ hver for sig er afstemt efter denne Frekvens. Endvidere er $C_1 L_1$ i Forbindelse med C_3 af-

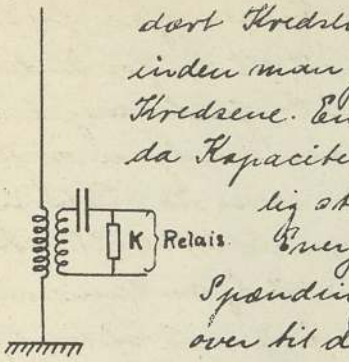
stemt efter Frekvensen $3N$, saa denne Frekvens ogsaa fremelskes. Idet $C_1' L_1'$ er afstemt efter Frekvensen N, vil den for Enderne af disse og altsaa paa Kondensatoren C_3, findes meget lidt Spænding af Frekvensen N, hvorved man undgaar at faa de to Frekvenser blandede. Endelig faar man da i Retning langs Stator inducéret Spænding af Frekvensen $3N \div N = 2N$, som findes i Forvejen og af Frekvensen $3N + N = 4N$. Efter denne sidste er da Kredsen $L_2 C_2$ i Forbindelse med Antennen afstemt, omdens den i Antennen ikke kommer Bølger af Frekvensen $2N$, da $L_2' C_2'$ er afstemt efter denne Frekvens. Jo højere man vil gaa op med Fordoblingen, desto flere Kredse maa man altsaa have, men desto nøjagtigere maa man ogsaa holde Omdrejningstallet N konstant og derudover blive Tabene større for hver ny Fordobling. Jernkernen i Rotor maa udføres med $^1/_{20}$ mm tyk. Blik, og idet hele taget volden den mekaniske Konstruktion visse Vanskeligheder, hvorfor den ikke benyttes meget. [Ligningerne i Fig. 6 skal være: $L_1 C_1 = \frac{1}{(2\pi N)^2} = L_1' C_1'$. $L_2 C_2 = \frac{1}{(2\pi 2N)^2} = L_2' C_2'$; $L_1 \frac{C_1 \cdot C_3}{C_1 + C_3} = \frac{1}{(2\pi 3N)^2}$; $L_2 \frac{C_2 C_4}{C_2 + C_4} = \frac{1}{(2\pi 4N)^2}$.]

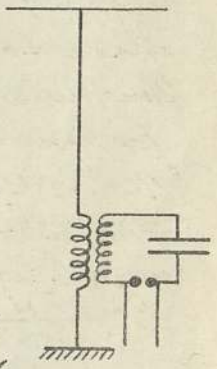
Afsenderstationen.
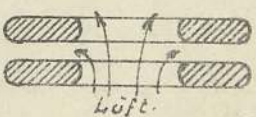


Marconis første Apparat var som vist horisontaaende. Til Frembringelse af Gnisterne benyttedes en stor Rühmkorffs Rulle. Marconi mente først, at Bølgelangden kun var 20–30 cm, medens den i Virkeligheden er bestemt ved $h = \frac{1}{4}\lambda$ og altsaa $\lambda = 4h \sim 50$–100 m. Ovenstaaende Metode giver ikke god Resonans; det næste Skridt var derfor, at man indskød Koheren i et sekun-

dort Kredsløb, som vist. Herimod varedé det længe inden man fandt paa at benytte Afstemning af Kredsene. Energien i Gnisten er givet ved $\frac{1}{2} C \cdot V^2$ og da Kapaciteten af Antennen ikke kan göres særlig stor, maatte man for at faa en stor Energi i hver Gnist gaa op til meget höje Spændinger. For at undgaa dette gik man da over til den af Tyskeren F. Braun og Englænderen Sir Oliver Lodge angivne Metode, (Egentlig angivet allerede 5 Aar tidligere af Nordmanden Bjerknes) som vist hosstaaende. Her kan man give Primærkredsen en meget stor Kapacitet, idet den ofte bestaar af et Batteri paa 100 store Leydnerflasker og derover. For at undgaa Tabene i Glasset byggede Marconiselskabet til den første Atlanterhavsstation ved Cliften en Luftkondensator paa 1,6 μF. med en Pladeafstand paa 3 cm (80000 Volt), altsaa et ganske kolossalt stort Pladeareal. [I følge Fig. 6 Pl. D, svarer til Overslagsspændingen 80000 Volt en Pladeafstand paa ca. 3 cm. 1 elstat. Enh. = $\frac{1}{9} \cdot 10^{-5}$ μF. og Kapaciteten er bestemt ved: $S : (4\pi a)$ elstat Enh., hvor a maales i cm og S i cm^2, saa faas altsaa: $S = 1{,}6 \cdot 9 \cdot 10^5 \cdot 4 \cdot \pi \cdot 3$ cm^2; $S = 4\pi \cdot 3 \cdot 1{,}6 \cdot 9 \cdot 10$ m$^2 \simeq 5400$ m^2].

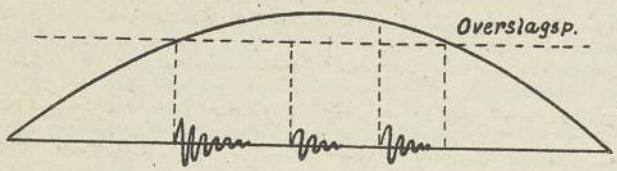


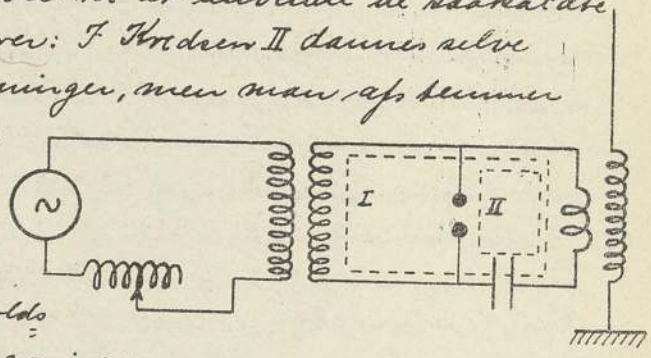


Spændingskilden ved de første Apparater var en alm. Rühmkorffer, og man anvendte da ofte en roterende Kviksølvafbryder. Man fik paa de store Stationer en momentan Strøm paa op til 50-100000 Ampere, og Primærviklingen af Transformatoren bestod kun af en enkelt Vinding af en meget svær Kobberskinne. Gnistbanen bestod af to Tinkninge med en Afstand paa 2-3 cm og som afkøledes af en Luft-

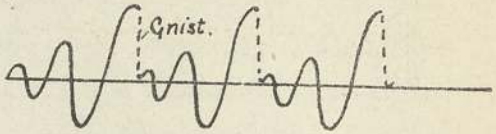


strøm. Den kolossale Energikoncentration i det Øjeblik, Gnisten dannedes, frembragte et meget stærkt Knald. Man gik ret hurtigt over til at anvende Højspændingstransformatoren som Energikilde, men da Maximalværdien af Spændingen maa være noget højere end Overslagsspændingen, risikerer man som antydet ovenfor, at faa dybtliggende dannelser eller flere Gnister efter hinanden med tilfældig Afstand. For at undgaa dette gik man derfor over til at anvende de saakaldte Resonanstransformatoren: I Kredsen II dannes selve de højfrekvente Svingninger, men man afstemmer Kredsen I efter Maskinens Periodetal og faar derved et Spændingsforløb som vist skraverede, altsaa forholdsvis faa og kraftige Svingninger.



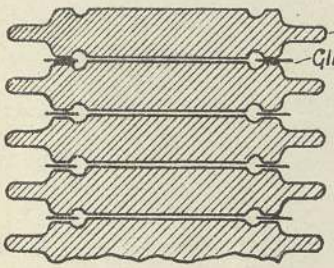


Pl. 3 Fig. 7. Til at afbryde de store Strømstyrker, hvorom her er Tale, kan man ikke anvende almindelige Nøgler, og man maa derfor sørge for, at Nøglen automatisk brydes, naar Strømmen er Stød.



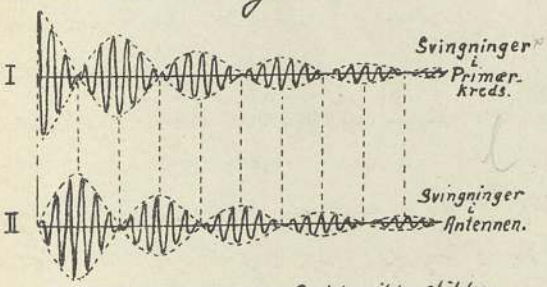
Som vist ovenfor var det nødvendigt at anvende koblede Kredse for at faa tilstrækkelig Energi i hver Udladning, men dette bevirker, som vist foran under Omtalen af koblede Kredse, at Energien vil vandre frem og tilbage mellem Primærkredsen og Antennen, som altsaa vil udstraale periodevis og endvidere med to forskellige Periodetal. For at undgaa Energivandringen gjør-

de Tyskeren M. Wien følgende: Det gælder om at faa Gnisten i Primærkredsen slukket, netop naar den første Gang er Maximum af Energi i Sekundærkredsen og altsaa Minimum i Primærkredsen; thi Antennen vil da udsende denne Energi med jævnt aftagende Amplitude og ikke periodisk. Wien anvendte da en hel Række meget korte Gnistbaner, idet disse fremkom mellem en Række Sølv- eller Kobberplader med kun 1/10 - 1/20 m/m Afstand mellem hver. Gnistens Varmeudvikling vil da blive

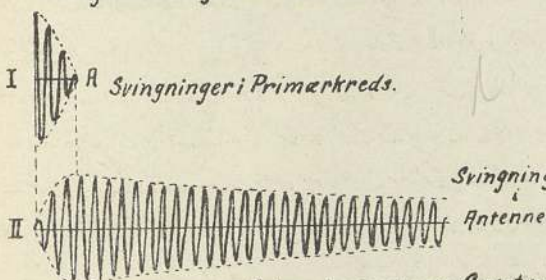


Delt Gnistbane til Tonegnist.

meget mindre, og endvidere er den en stor Afkølingsflade, saa Metallet hurtigt afkøles. Følgen vil være, at naar den første Gang bliver Minimum i Primærkredsen, vil Strømmen brydes (Gnisten slukkes), idet Ioniseringen bliver saa kraftig, at Gnisten ikke kan dannes igen. Metoden har endvidere den Fordel, at paa Grund af den kraftige Ioniz. ionisation, kan man lade Gnisterne følge hurtigt efter hinanden (indtil 500-1000 pr. sek), hvorved man i Telefonen faar en Tone, som høres bedre og lettere skelnes fra atmosfæriske Udladninger. Da de enkelte Gnister er saa smaa, faar man her ikke saa meget Støj ved Udladningen.



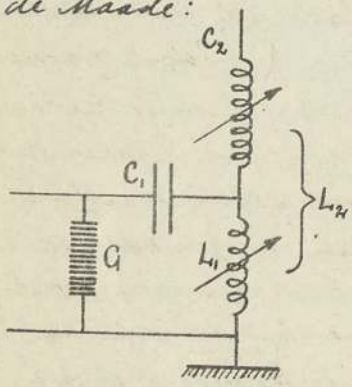
Energivandring naar Gnisten ikke slukkes.



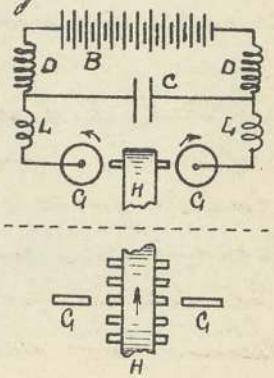
Energivandring og Svingninger, naar Gnisten slukkes i Punktet A.

Metoden kan dog kun anvendes ved ikke altfor store Stationer, da man el-

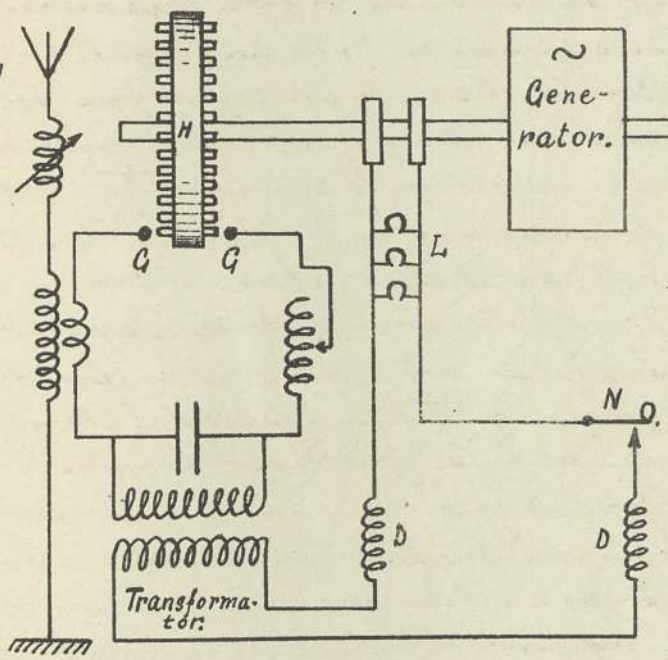
les risikerer, at Gnisten ikke slukkes naar første Minimum indtraaden, hvorved den frembringes Utydelighed ved Afmendelsen. Det samme kan man risikere, hvis man kobler de to Kredse for fast sammen, idet Tiden, indtil det første Minimum indtraaden, bliver meget kort. Paa den anden Side maa man heller ikke koble for løst, idet da Tiden, inden Gnisten slukkes, bliver for lang, og derved bliver Tabene for store. Man skal altsaa ved denne Metode have en ret konstant Koblingsgrad, nemlig ca. 20%, men samtidig maa man kunne variere Bølgelængden, hvilket gøres paa følgende Maade:



Man har her $L_{1,2} = L_1$. Koblingsgraden er da givet ved: $\varrho = \frac{L_{1,2}}{\sqrt{L_1 \cdot L_2}} = \frac{L_1}{\sqrt{L_1 \cdot L_2}} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}}$. Ved at regulere paa L_1 og L_2, saa man nu de to Kredse afstemt, altsaa $L_1 \cdot C_1 = L_2 \cdot C_2$, hvor C_1 er konstant og C_2 er Antennekapaciteten, der ligeledes er konstant. Man faa da: $\varrho = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}}$. Koblingsgraden er altsaa konstant saa længe blot de to Kredse er afstemt efter hinanden, og saa længe Kapaciteterne ikke forandres. Man varierer Bølgelængden ved at variere L_1 og L_2. For at opnaa det samme som ovenfor, nemlig at Gnisten slukkes ved første Minimum, benyttede Marconiselskabet ved store Stationer en Fremgangsmaade, som vist hosstaaende. B er Energikilden, og D er Drosselspolen, der hindrer de høj frekvente Svingninger i at forplante sig denne Vej. Selve Svingningskredsen bestaar af de to Selvinduktioner L_1 og Kondensatoren C. Gnisten dannes mellem de to Elektroden G og det roterende Hjul H, idet der langs dettes Periferi er anbragt Tænder.



Gnisten slaar over, naar en Tand netop er ud for G, og det maa da indrettes, saa Gnisten er trukket ud og let slukket, naar Strømmen er blevet til første Gang i Primærkredsen. Afionisationen fremmes ved at G roteres, saa Gnisten stadig dannes paa et nyt, koldt Sted. Strømskemaet for en mindre Afsendestation efter samme Princip er vist paa nedstaaende Figur. Man afpasser det, saa Kondensatoren netop har Maximum af Ladning, naar en Tand passerer G. Glødelampernes L er indsat for at hindre, at højfrekvente Svingninger forplanter sig til den lavfrekvente Generator. Ved de ældre Apparater med enkelt Gnistbane kunde man ikke sende særlig mange Gnister pr. sek. Man maatte dog have mindst ca. 50, for at faa tilstrækkelig mange indenfor det Tidsrum, der medgaar til at sende en Prik. Ved de moderne Apparater med kvartsig Afionisation kan man, som nævnt, komme op til 500-1000 Gnister pr. sek., og man opnaar altsaa herved at høre Tegnene som en Tone. De sendes i Almindelighed kun Øjeblikket ud, naar den afgives Tegn, og man vil derfor kunne høre disse selv om Modtageren ikke netop er af-

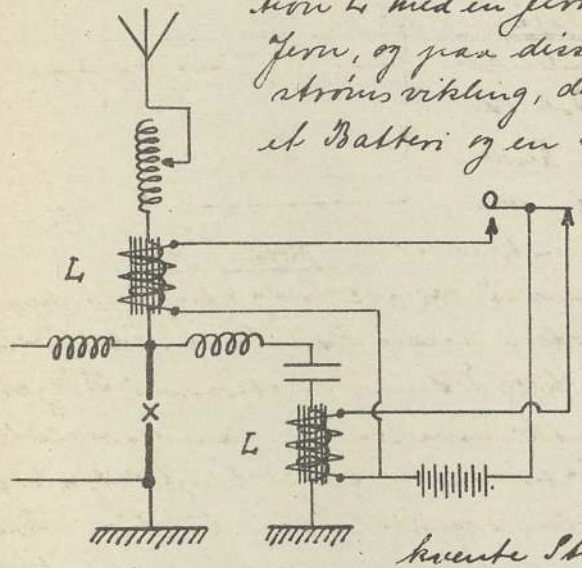


sidst efter Senderen. Ovenstaaende gælder for diskontinuerlige Bølger og for Goldschmidts Maskine i Forbindelse med en Frekvensskifter.

Buen.

Man anvender kun sjældent koblede Kredse her. Undertiden sender man i Almindelighed ved blot at variere Bølgelængden, medens Intensiteten holdes konstant, idet Buen brænder hele Tiden. Variationen i Bølgebredden fremkommer ved at man kortslutter en lille Del af Selvinduktionen, og det er her tilstrækkeligt at kortslutte ca. 1% af den samlede Selvinduktion i Kredsen. Man opnaar herved at Tegnene er meget vanskelige at faa fat i for Stationen, som ikke er afpasset til nøjagtig samme Bølgebredde, idet jo Resonanskurven i Almindelighed forløber meget skarpt, saa Stationen, der arbejder med Bølgebredden udenfor Intervallet mellem de to stiplede Linier, slet ikke vil kunne høre om der afgives Tegn eller ej. Man maa under alle Omstændigheder lade Buen brænde hele Tiden, og hvis man vil have en afbrudt Energiudsendelse, kan man da gøre det som vist herstaaende, idet man lader Energien gaa over i en jordforbundet Kreds, hvorved den ikke kommer til at straale ud. Her maa Nøglen imidlertid være kraftig, da den skal afbryde en stor Strøm, hvorfor Metoden ikke er

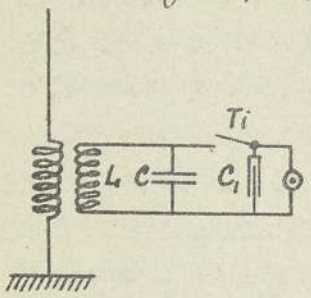
ner sig for store Stationer. Ved meget store Stationer med Buegenerator anvendes derfor nu konstaaende Metode: I begge Kredsene er indskudt en stor Selvinduktion L med en Jernkerne af meget findelt Jern, og paa disse er billedet viklet en Jævnstrømsvikling, der staar i Forbindelse med et Batteri og en Telegrafnøgle. Kun een Spole ad Gangen er polariseret med Jævnstrøm, og Jævnstrømmen er saa stor, at Jernet bliver stærkt mættet. I den Spole, som ikke er magnetiseret, vil Induktionen bidrørende fra de højfrekvente Strømme vekle mellem to lige store Værdier med modsat Fortegn, og den reversible Permeabilitet vil være ret stor. Hysteresis- og Hvirvelstrømstabet bliver derved meget stort, og Spolens effektive Modstand herved saa stor, at den højfrekvente Strøm ikke kan gaa denne Vej. I den anden Spole har man en konstant høj Værdi af den magnetiserende Kraft H, og de højfrekvente Strømme vil blot bevirke, at H varierer mellem et Minimum og et Maximum med samme Fortegn, hvorved baade Hysteresis- og Hvirvelstrømstabene forbliver smaa (Se Fig. 2 Plan. a.) Polarisationen vil altsaa bevirke, at Spolen opfører sig, som om den slet ikke indeholdt Jern, og Højfrekvens svingningerne vil derfor hovedsagelig søge over denne Spole.



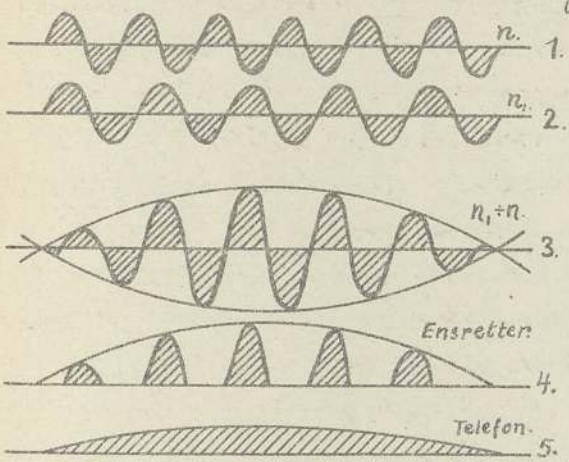
Ved denne Metode sender man altsaa med Buegeneratoren, som med en almindelig Gnisttelegraf. I Stedet

for Nøglen kan man ogsaa anvende en Mikrofon, man er da i Stand til at variere den udsendte Effekt fra 0-50 KW. blot ved Variationen i Mikrofonstrømmen.

Modtagerapparaten. Tikkeren. Tikkeren Ti bestaar af en vibrerende Kontakt, som afbryder og slutter meget hyppigt. Den vibrerende Kontakt kan drives ved Hjælp af en Neefs Hammer, men kan ogsaa blot bestaa af en Metaltraad, der løst og let berøres en hurtig roterende Skive f. Eks. anbragt paa Akslen af en lille Elektromotor. De ündgaaelige Gnistdannelser er tilstrækkelige til at forraarsage de nødvendige Afbrydelser. Kredsen L C er afstemt efter den ankommende Bølge og svinger altsaa i Overensstemmelse hermed, naar Kontakten er afbrudt. Naar denne derimod er sluttet, knyttes den store Kondensator C_1 parallelt til C, hvorved Kredsen kommer helt ud af Afstemning. Kontakten vil praktisk talt altid ske, naar C staar med Spænding altsaa ogsaa med Ladning, og den vil da opstaa en Svingning med meget lavere Frekvens end den oprindelige, men der gaar dog ikke noget videre gennem Telefonen paa Grund af dennes store Selvinduktion. Den paafølgende Afbrydelse vil dernæst ske paa et Tidspunkt, hvor Strømmen i Kredsløbet tilnærmelsesvis er Nul, og altsaa naar C_1 staar med Ladning. Efter Afbrydelsen vil da C_1 udlade sig gennem Telefonen. Forløbet for C_1's Ladning er ganske tilfældig og vilkaarlig, man hører derfor i Telefonen en ejendommelig uharmonisk, skrattende Lyd. Lyden er følgelig ikke saa let at skelne fra atmosfæriske Forstyrrelser, men Apparatet er meget følsomt. Interferensmodtagning eller Stødmodtagning. Princippet bestaar i, at man la-

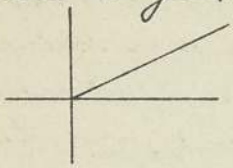


den den ankommende Bølge interferere med en Bølge, som frembringes paa Modtagerstationen og har en lidt anden Frekvens. Den ankommende Bølge har Frekvensen n som vist ved 1. Man lader den nu interferere med en Bølge med Frekvensen n_1, som vist ved 2 og faar derved en Paavirkning som vist ved 3. Naar man da indskyder en Ensretter faas en Paavirkning som vist ved 4, hvilket vil paavirke en Telefon som vist ved 5. I Telefonen høres altsaa en Tone svarende til Frekvensen $n_1 \div n$. Er f. Eks. Svingningstallet for den ankommende Bølge 100000 og for den interferende 100500, faas i Telefonen en Tone med Svingningstallet $100500 \div 100000 = 500$. Intensiteten af Tonen kan indstilles meget nøjagtigt og konstant, saa man med Fordel kan afstemme Modtagerapparatet (Telefonen) efter denne Tone. Til at frembringe lokale Svingninger n_1 anvendes f. Eks. et Termiskapparat.



Hvis den ankommende Bølges Amplitudeværdi er i og Amplitudeværdien af Hjælpebølgen er i_0, vil den mindste Amplitude af den resulterende Bølge være $(i_0 \div i)$ og den største $(i_0 + i)$. Effektvariationen vil da være proportional med $(i_0 + i)^2 \div (i_0 \div i)^2 = 4 i_0 \cdot i$. Dette Produkt vil altsaa ogsaa være et Maal for Tonens Styrke. Man kunde nok modtage den ankommende Bølge alene ved f. Eks. skiftevis at slutte og afbryde og lade disse Bølgetog passere en Ensretter, som saa paavirkede Telefonen, men denne Paavirkning vilde da være proportional med i^2, og ved ovenstaaende Inter-

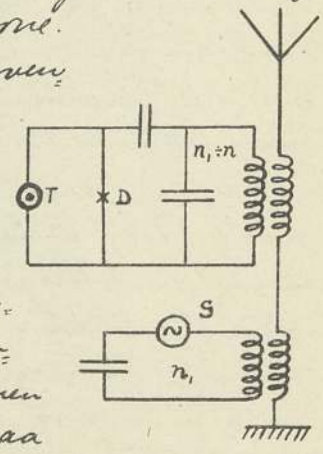
ferens modtagning kan man altså et Middel til at gøre Paavirkningen mange Gange stærkere ved at give den lokale Bølge n, en stor Amplitude i_0. I Almindelighed, kan



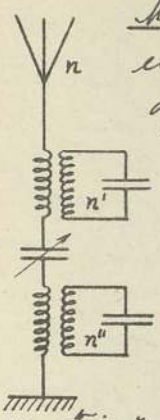
Ensretteren har en Karakteristik som vist hosstaaende, altså som Tilfældet er for Termionoppuruterne, vil den modtagne Effekt ved Interferens modtagning være proportional med første Potens af Hjælpestrømmen. Hvis Ensretteren har en krum Karakteristik, afhænger Styrken af den ensrettede Effekt af denne Karakteristiks Form.

Som Ensretter bruges almindeligst et Termionrør, som tillige forstærker. Ved H. til Modtagning spiller det den for mindre Rolle, hvor svage de ankommende Bølger er, naar de blot er stærkere end de atmosfæriske Forstyrrelser o. l., idet man altid kan forstærke dem. Selv om Antennen slet ikke er afstemt efter de atmosfæriske Forstyrrelser, vil de jo nemlig, omend svagere, paavirke Antennen med dennes Svingningstal og altså virke forstyrrende paa Modtagningen. De atmosfæriske Forstyrrelser kan være meget kraftige i Tropene.

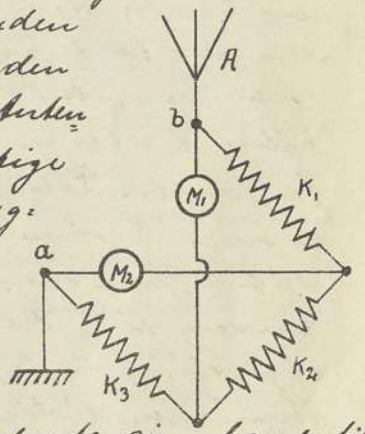
Modtagerstationens Indretning ved Anvendelse af Interferens modtagning er som vist hosstaaende. D er Detektoren og T Telefonen i selve Modtagerkredsen, medens G er Generatoren i Hjælpekredsen. G er altså et Termionapparat ellerlignende. Antennen er afstemt efter de ankommende Bølger med Frekvensen n, men er dog i Nærheden af Resonans for n_1, saa



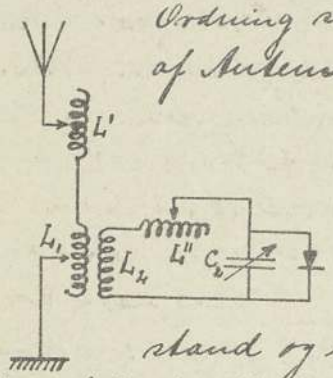
denne Svingning vil gennemlinde usvækket overføres fra Hjælpekreds til Modtagerkreds gennem Antennen.

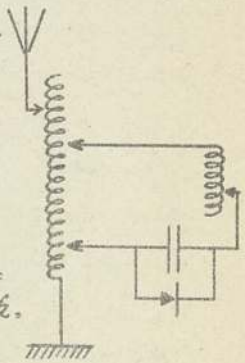


Modtagning af flere Depecher samtidig. Princippet er som vist horstaaende. n' og n'' ligger i Nærheden af hinanden, og Antennen afstemmes da til en Frekvens n saaledes, at n' > n > n''. De to Modtagerkredse maa derfor kobles forholdsvis løst til Antennen, og i Almindelighed løsere end man af effektmæssige Grunde staar sig ved. En anden Metode er Anvendelse af den saakaldte künstige Antenne som vist paa nedenstaaende Figur. Opstillingen er i Virkeligheden en almindelig Wheatstones Bro, hvor den ene Side ab dannes af den virkelige Antenne A og de tre andre Sider af de künstige Antenner K_1-K_2 og K_3. Disse sidste er byggede saaledes, at man med Hensyn til de elektriske Konstanter har: $A = K_1 = K_2 = K_3$. I denne Bro findes altsaa en EMK i Siden ab (A), og herfra vil Svingningerne i Almindelighed forplante sig baade til M_1-M_2 og de tre K'er. I Middlertid kan man lave Forandringen i M_1, uden at M_2 paavirkes og omvendt. Man kan altsaa f. Eks. afstemme M_1 efter n_1 og M_2 efter n_2, hvor n_1 og n_2 kan have ganske vilkaarlige Værdier, og hele Antennen vil da være afstemt efter baade n_1 og n_2, som da modtages uafhængigt af hinanden i henholdsvis M_1 og M_2. Metoden har den Ulempe, at den modtagne Effekt bliver mindre end ved en almindelig Antenne, idet her alle 4 Antenner slugen Energi. Hvis man indskyder en Kondensator i Antennen, formindskes dennes Kapacitet, og da man har $\lambda = V_L \cdot C$, gør man altsaa herved Bølgelængden kortere. Man har altsaa her et Middel til at afstemme to-



re Antennen til mindre Bølgelængder. Mere almindelig er imidlertid det omvendte, at man vil forøge Bølgelængden, dette gøres da ved at man indskyder en variabel Selvinduktion, altså forøger Egenbølgelængden ved at forøge L_1. Naar man anvender koblede Kredse, benyttes en Ordning som herstaaende. L_1 tjener til Afstemning af Antennen. L_4 tjener til at forandre Koblingsgraden, hvilket yderligere kan ske ved Hjælp af L_4'' og C_2. Metoden kan simplificeres noget som vist nedenstaaende. Ensretteren har gennemgaaende en stor Modstand og egner sig derfor ikke til at indskyde direkte i Kredsen. Man maa derfor sætte den som Shunt og sørge for, at den kommer tilpas stor Spænding paa Enderne af den. Naar Sekundærkredsens Selvinduktion er stor, faas høje Spændinger paa Kondensatoren, altså ogsaa paa Ensretteren. Vil man have endnu højere Spænding paa Detektoren, kan man transformere endnu en Gang som vist paa herstaaende Figurer.





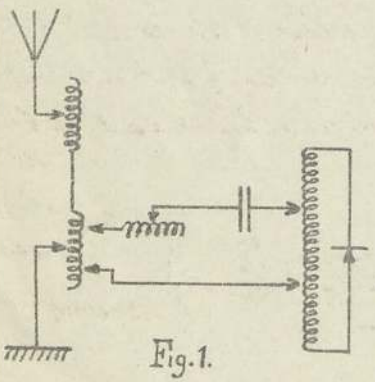


Fig. 1.

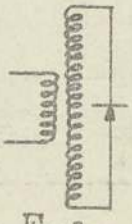


Fig. 2.

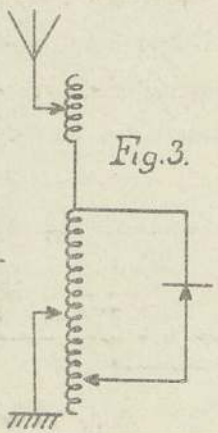


Fig. 3.

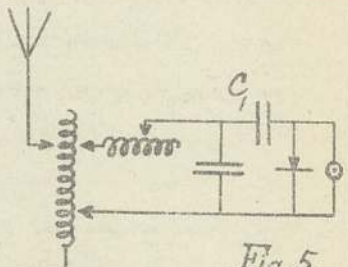


Fig. 5.

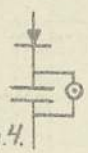
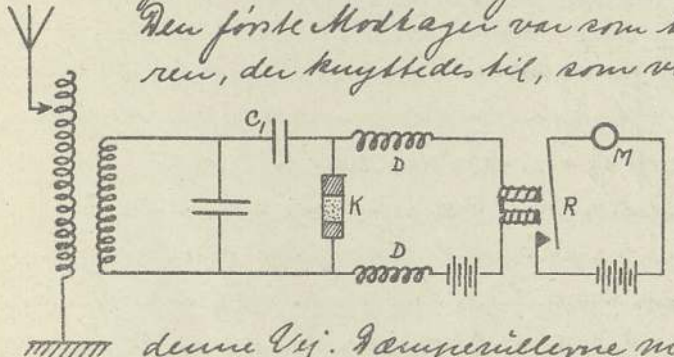
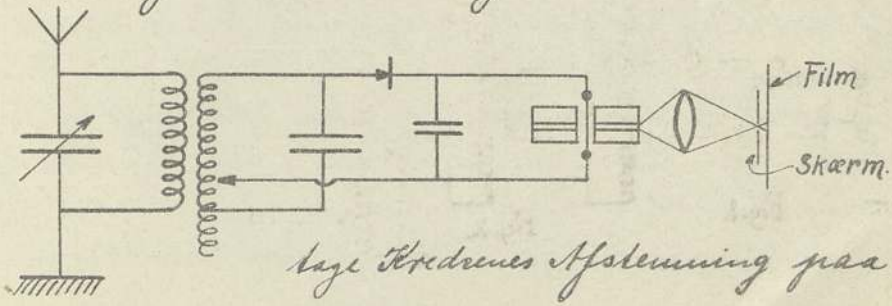


Fig. 4.

Ved Metoden Fig. 3 opnaar man ogsaa at faa en højere Spænding paa Detektoren end paa Antennen. Hvis Telefonen skydes direkte ind i Detektorkredsen, maa dens Modstand være meget stor, men i Almindelighed er dens Selvinduktion altfor stor, man sætter den derfor som vist paa Fig. 4, hvor den højfrekvente Strøm gaar gennem Kondensatoren, og den rektificerede gennem Telefonen. Man kan ogsaa benytte en Opstilling som Fig. 5, hvor C_1 er en Spærrekondensator for Detektorstrømmen.



Den første Modtager var som tidligere nævnt Koherer, den knyttedes til, som vist herstaaende. C, er en Spærrekondensator. D er Dæmperuller, der hindrer de højfrekvente Svingninger i at gaa denne Vej. Dæmperullerne maa dog være uden Jernkerne, da man ellers vilde faa saa megen Kapacitet ind i Kredsen, at de højfrekvente Svingninger alligevel gik denne Vej. I Modtagerapparatet (Morseapparatet) M er indbefattet en Hammer, der stadig hamrer paa K. Metoden er ikke følsom nok, unøiagtig og langsom. En anden Metode, der ogsaa har været benyttet, er at registrere Tegnene fotografisk, med en Opstilling som vist herstaaende. Figuren viser tillige en anden Maade at for-



lage Kredsenes Afstemning paa. Man

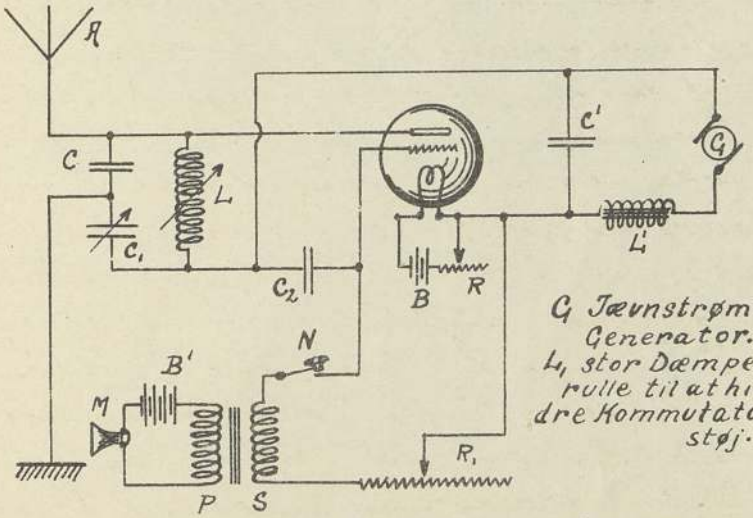
staar sig som Regel ved at benytte Telefonen som Modtager, naar den telegraferes med almindelig Hastighed (ca. 20 Ord pr. Min.). Ved større Hastigheder kan benyttes et Fonografoptagelsesapparat, men dette kræver en kraftigere Paavirkning, hvorfor man bedre kan benytte den mere følsomme Telegrafon. Man kan eventuelt forstærke den modtagne Effekt saa meget, at man kan benytte en alm. Undulator eller en Kabelskriver.

Traadløs Telefoni.

Radiotelefonien hviler i Hovedsagen paa ganske de samme Principper som Radiotelegrafien. Modtagerne kan saaledes være indrettede paa ganske samme Maade, for saa vidt den anvendes Ensretter af en eller anden Art. Derimod kan man som Modtager i Radiotelefonien naturligvis ikke benytte Tikker og ej heller simpel Stødmodtagning. (En særlig Art Interferensmodtagning kan anvendes og frembyder visse Fordele, men Arrangementet er saa komplikeret, at vi ikke her kan komme nærmere ind paa Sagen). Det for Radiotelefonien egendommelige kommer særlig frem ved Senderen, hvor Radiationen af den høj frekvente Energi skal styres (moduleres) i Overensstemmelse med Talen. Som Mellemled benyttes sædvanlig en Kul kornes Mikrofon, idet de Forsøg, der har været gjort paa at konstruere særlig hertil egnede Mikrofoner, ikke har ført til det ønskede Resultat. Ved de første vellykkede Forsøg med traadløs Telefoni, der udførtes under Benyttelse af Poulsen-Buer, indskød man en eller flere Mikrofoner direkte i Antennen, saaledes som vist i omstaaende Figur.

Manglen ved dette Arrangement er, at den Effekt, som Mikrofonen (ell. Mikrofonerne) direkte kan styre

er forholdsvis meget lille. Ved Radiotelefoni over større Afstande, maa man derfor indføre et særligt Mellemled, der indgaar i Høj-frekvens-kredsen, og hvis Tilstand er afgørende for Radiationen, medens selve Tilstanden iøvrigt reguleres eller styres af Mikrofonen. Som særlig egnet til at tjene som saadant Mellemled skal nævnes Termionrør med 3 eller flere Elektroder, idet man da lader Rørets potentialet variere i Overensstemmelse med Talestrømmen, hvorved Rørets „Modstand" ligeledes kommer til at variere som Talen. Rørets „Modstands"variationer kan da paa forskellig Maade benyttes til at indvirke paa Radiationen, f. Eks. ved direkte at virke regulerende paa de Svingninger, der frembringes af en Termion-Høj-frekvens-generator. Eksempler herpaa er vist i hosstaaende Figurer. (Se næste Side).

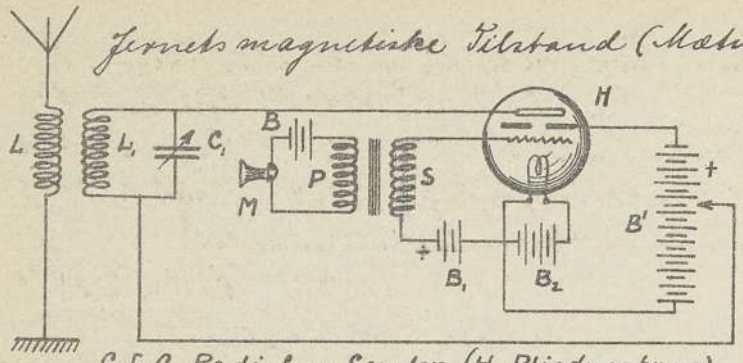


G Jævnstrøms-Generator.
L, stor Dæmperulle til at hindre Kommutatorstøj.

de Forrest-Logwood Radiotelefon-Sender.

Man kan endelig i Mellemled-del benytte sig af Jernets magnetiske Forhold, idet man enten direkte eller gennem Termionforstærkere, lader Talestrømmen indvirke paa

Jernets magnetiske Tilstand (Mætning), den atter er afgørende for Radiations-forholdene. Man er allerede nu teknisk set i Stand til at etablere traadløs Telefoni over meget lange Afstande (op til 10000 km, maaske mere), og Radiotelefonien vil maaske i Fremtiden komme til at spille en meget stor Rolle, dels paa lange Afstande (særlig over Vand, hvor Tilvejebringelsen af gode Traadforbindelser er vanskelige eller umulige), dels mellem bevægelige Stationer (Skibe, Tog, Flyvemaskiner). Man kan gaaske vist ikke i Øjeblikket tale „i Munden paa hinanden", men maa tale skiftevis i de to Retninger, ligesom ogsaa Tilknytningen til det almindelige Telefonnet volder visse Vanskeligheder; men disse Vanskeligheder vil rimeligvis blive overvundne. Paa den anden Side, maa man ikke lade ude af Betragtning, at selve de tekniske Fremskridt, der har muliggjort Tilvejebringelsen af den traadløse Telefoni, uden Tvivl ogsaa i Fremtiden vil virke i høj Grad fremmende paa Telefonien med Traad.



G.E.C. Radiofon-Sender. (H. Pliodynatron).

Literatur:

Bangay, R.D: The Elementary Principles of Wireless Telegraphy. I + II . . (212+241 S.) London 1918.

~"~ , " " : The Oscillation Valve. . . . (215 S.) London 1919.

Bucher, E.E: Practical Wireless Telegraphy. . (336 S.) New York 1917.

~"~ , " ": Vacuum Tubes in Wireless Communication. (202 S.) New York 1919.

Dieckmann, M: Leitfaden der drahtlosen Telegraphie für die Luftfahrt. . . . . (214 S.) Berlin 1913.

Eccles, W. H: Wireless Telegraphy and Telephony. (514 S.) London 1918.

Erskine-Murray, J: Wireless Telegraphy . . . (386 S.) ~"~ 1911.

~"~ ~"~ ," : Wireless Telephones . . (68 S.) ~"~ 1911.

Fahie, J. J.: History of Wireless Telegraphy. (348 S.) ~"~ 1902.

Fleming, J.A: Electric Wave Telegraphy and Telephony. (911 S.) London 1916.

~"~ , " ": Manual of Radiotelegraphy and Radiotelephony. (360 S.) London 1916.

Galopin, J: Manuel de Télégraphie sans fil. (367 S.) Paris. 1919.

Goldsmith, A.N: Radio Telephony. . . . . (247 S.) New York. 1918.

Gottwaldt, H.A: Elementar Radiotelegrafi. (80 S.) Kristiania 1915.

Hoyle, W: Standard Tables and Equations in Radio Telegraphy. . . . (159 S.) London 1919.

Kennelly, A.E: Wireless Telegraphy and Wireless Telephony. (277 S.) London 1909.

Marchant, W. H: Wireless Telegraphy. . . . (241 S.) New York 1914.

Miessner, B.F: Radiodynamics. . . . . (206 S.) London 1917.

Mills, J: Radio Communication. . . . (205 S.) ~"~ 1917.

Monier, E: La Télégraphie sans fil (198 S.) Paris 1910.

~"~ , " : Les Postes Récepteurs de la Télégraphie sans Fil (116 S.) Paris 1916.

Nesper, E: Die Frequenzmessung und Dämpfungsmessung der Strahlentelegraphie . . . (250 S.) Leipzig 1907.
Rein, H: Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie (406 S.) Berlin 1917.
Schleiermann, H: Lærebog i Radiotelegrafi (337 S.) Kjøbenhavn 1908.
Stanley, R: Wireless Telegraphy . . . . . (357 S.) London 1919.
Thörnblad, T: Trådlös Telegrafi . . . . (932 S.) Stockholm 1911.
Townsend, J. S: Electricity in Gases . . . . (496 S.) Oxford 1915.
Turpain, A: Telegraphie sans Fil . . . . (396 S.) Paris 1908.
Van Dam, T: La Telegraphie sans Fil (239 S.) ~"~ 1908.
Zenneck, J: Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie (543 S.) Stuttgart 1916.
Zetterqvist, T: Lärobok i Trådlös Telegrafi (232 S.) Karlskrona 1914.

Tidsskrifter:

Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie. Berlin.
Proceedings of The Institute of Radio Engineers. New York.
Radio Review London.
Year-Book of Wireless Telegraphy. ~"~.