

V. H. KOFOED
RADIOTEKNIK

TIL
UNDERVISNING OG
SELVSTUDIUM



ALEX. KAPPELS FORLAG
KØBENHAVN K.
1928



V. H. KOFOED
RADIOTEKNIK

TIL
UNDERVISNING OG
SELVSTUDIUM

1. UDGAVE



ALEX. KAPPELS FORLAG
KØBENHAVN K.
1928

RADIOTEKNIK

FORORD

Paa Foranledning af flere tekniske Skoler og Læreanstalter er denne Bog bleven skrevet med ret kort Varsel. Da den er skrevet for Læsere med meget forskellige Forkundskaber i Fysik og Matematik, har jeg i den korte Tid, der har været mig levnet til Arbejdet, søgt at gøre Bogen saa populær, at den kan læses af alle, medens der paa den anden Side ogsaa er medtaget en Del Stof, hvis Tilegnelse kræver Forkundskaber i Fysik og Matematik.

Endvidere har jeg søgt at tilrettelægge Stoffet saaledes, at det — læst i Kontinuitet — for Størstedelen skulde kunne tilignes af enhver ved Selvstudium.

I hvor høj Grad dette Arbejde er lykkedes, skal jeg lade andre om at afgøre, men naar der allerede paa dette Tidspunkt i det hele taget foreligger en Bog som denne til Undervisningsbrug, saa skyldes dette i første Række den elskverdige Hjælp og Imødekommenhed, jeg har fundet hos mange betydelige Radiofolk, som jeg herved beder modtage min bedste Tak.

Jeg føler mig i denne Sammenhæng særligt i Taknemmelighedsgæld til Hr. Professor Absalon Larsen (for Hjælp til Afsnittet om Motorforstyrrelser), til Kaptajn O. Ch. Thomsen, Ingeniør, cand. polyt. Gerhart Hansen og flere Firmaer i Radiobranchen, der med Klichèmateriale har bidraget til Bogens hurtige Fremkomst.

Et saa omfattende Emne som Radio kan naturligvis i det store og hele kun være behandlet mangelfuldt i en Bog paa halvtredie Hundrede Sider, og Hovedvægten er derfor lagt paa de Afsnit, der har særlig Tilknytning til Modtagerteknikken. Det er mit Haab, at de Læsere, der ønsker et Grundlag for videre Studium af Radioteknik, maa kunne finde det nødvendige Materiale i tilgængelig Form i denne Bog.

V. H. KOFOED.

Elektriske Svingninger og Bølger.

Svingningskredse og Enheder.

1. I de allerfleste Radioapparater — Modtagere, Sendere, Maale- eller Hjælpeinstrumenter — er den elektriske Svingningskreds en væsentlig og uundværlig Del. Svingningskredse er bygget op af Kondensatorer og Spoler, som alt efter Formalet kan være faste eller variable og være udført paa mang-

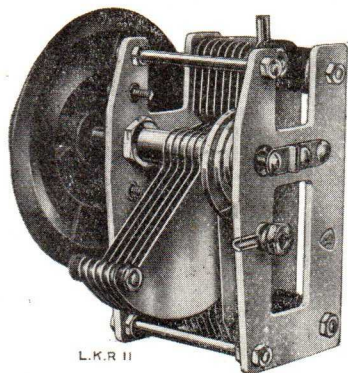


Fig. 1.

foldige forskellige Maader. Spolerne er oftest viklet af blank eller isoleret Kobbertraad og har — i Modsætning til Spoler, der anvendes i Lavfrekvensteknikken, — sjældent nogen Jernkerne. Kondensatorerne er næsten altid fremstillet af Metalplader adskilt ved Luftmelletrum eller ved et fast eller fly-

dende Isolationsstof. En af de almindeligste Typer er den variable Luftkondensator (Fig. 1), som anvendes i de fleste Modtagere, og som bestaar af et Sæt parallele faste Metalplader med passende Luftmellemrum, hvori et andet Pladesæt kan bevæge sig ud og ind. De to Pladesæt er isoleret fra hinanden ved en passende mekanisk Konstruktion, og Kapaciteten mellem de to Pladesæt ændres, naar de bevægelige Plader bevæges mere eller mindre ind mellem de faste.

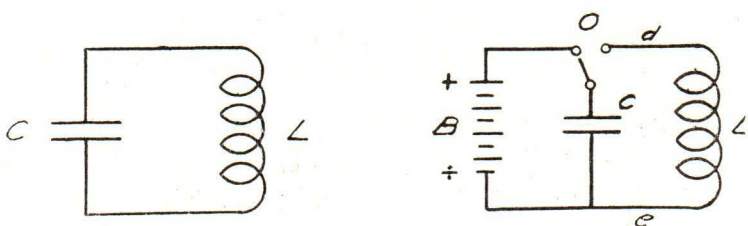


Fig. 2.

I Fig. 2 ses tilvenstre en Svingningskreds bestaaende af Kondensatoren C og Spole L, og til højre ses et Arrangement, hvormed man paa den simplest mulige Maade kan frembringe elektriske Svingninger. Man har ligeledes her en Svingningskreds med Spole L og Kondensator C, men med en eenpolet Omskifter O kan man afbryde Svingningskredsen og forbinde Kondensatorens to Pladesæt til hver sin Pol paa det elektriske Batteri B. Herved oplades Kondensatoren med Elektricitet, og slaas Omskifteren atter over til højre, saa Svingningskredsen igen bliver sluttet, vil Kondensatoren udlade sig gennem Spolen, og der vil opstaa elektriske Svingninger i Kredsen. Dette forstaas let, naar man erindrer sig Lovene for den elektriske Induktion.

Tænker man sig saaledes som vist i Fig. 3 en Svingningskreds, hvis Kondensator i et givet Øjeblik er opladet med positiv Elektricitet paa øverste — og negativ Elektricitet paa det nederste Pladesæt, saa ser man, at denne Tilstand ikke er stabil, men at den positive og negative Elektricitet vil søge

at forene sig ved en Udladningsstrøm gennem Spolen. Dette er antydnet i Fig 3(a), hvor Kondensatorens Ladninger er betegnet med + og -, og hvor Strømretningen gennem Spolen er antydnet ved enkelte Pile. Strømmen i Spolen vil frembringe

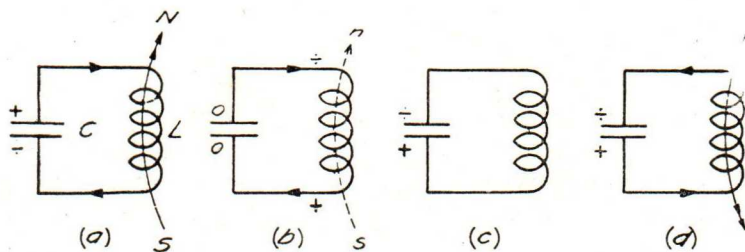


Fig. 3.

et magnetisk Kraftfelt, som er antydnet ved den opadgaaende Kraftlinie N—S, og dette magnetiske Felt vil opretholdes, saa længe der gaar Strøm i samme Retning i Spolen. Fig. 3 (b) fremstiller Situationen i det Øjeblik, hvor de to elektriske Ladninger paa Kondensatoren netop har udlignet hinanden. Da Kondensatorladningen nu er Nul, kan den ikke mere drive Strøm gennem Spolen, og de magnetiske Kraftlinier (s—n) vil derfor som antydnet paa Tegningen begynde at forsvinde. Naar Magnetfeltet forsvinder, induceres der imidlertid i Spolen en Strøm, som søger at opretholde Feltet; altsaa en Strøm med samme Retning som Udladningsstrømmen, og Spolen vil derfor begynde at sende positiv Elektricitet til den nederste og negativ Elektricitet til den øverste Kondensatorplade. Denne Strøm vedvarer, indtil Spolens Magnetfelt helt er forsvundet, og man har da den i Fig. 3 (c) viste Tilstand, hvor Kondensatoren er opladet og Strømmen gennem Spolen Nul. Denne Tilstand er naturligvis heller ikke stabil, og Kondensatoren vil nu igen søge at udlade sig, men med Strømretning som vist i Fig. 3 (d), og saaledes fortsættes en Tid med Strøm snart i den ene og snart i den anden Retning gennem Spolen. Der er altsaa opstaaet en Vekselstrøm gennem Spolen, eller som

man ogsaa udtrykker det: „Der er opstaaet elektriske Svingninger i Svingningskredsen“.

Man vil lægge Mærke til, at der under Svingningsforløbet kommer Øjeblikke, hvor Strømmen gennem Spolen er Nul, og hvor hele den i Kredsen arbejdende Energimængde forefindes som en elektrisk Ladning paa Kondensatoren, medens Kondensatorladningen i andre Øjeblikke vil blive Nul, saaledes at hele Energimængden da maa findes i det af Spolestrømmen frembragte magnetiske Felt.

Energimængden i Svingningskredsen bliver imidlertid ikke ved med at være den samme. Da der i Spolen og i Tilledningerne til Kondensatoren findes en større eller mindre ohmsk Modstand, saa vil noget af Energien ved hver Svingning omdannes til Varme, som bortledes til den omgivende Luft, og som Følge heraf vil Strømstyrken i Spolen og Kondensatorens Spænding aftage fra Svingning til Svingning. Dette For-

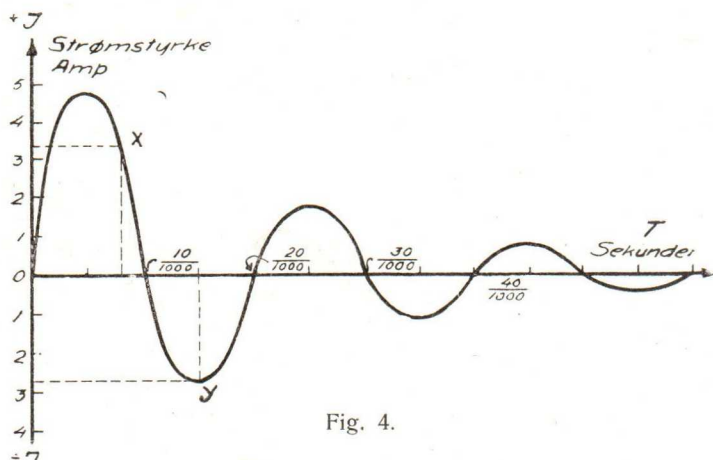


Fig. 4.

hold er fremstillet grafisk i Fig. 4, hvor Linien I, *Ordinatak- sen*, er inddelt i et Antal lige store Stykker, der hver svarer til Strømstyrken 1 Ampere, medens Linien T, *Abscisseaksen*, er inddelt i andre lige store Stykker, der f. Eks. hver svarer til $\frac{10}{1000}$ Sekund. Af Kurven kan man nu til enhver Tid finde Strømstyrken i Svingningskredsen. Spørges f. Eks. om Strøm-

styrken efter $\frac{7}{1000}$ Sekunds Forløb, oprejses en Linie vinkelret paa Abscisseaksen i det hertil svarende Punkt, og hvor denne Linie skærer Kurven (Punktet x), lægges en vandret Linie, som paa Figuren skærer Ordinataksen i et Punkt, svarende til 3,3 Ampere. Paa ganske tilsvarende Maade ses det af Linierne gennem Punktet y, at Strømmen efter $\frac{15}{1000}$ Sekunds Forløb nu gaar i modsat Retning i Spolen og er 2,7 Ampere. Til Tiderne 10, 20, 30, 40 o. s. v. Tusindedele Sekund efter at Svingningerne er begyndt, ses det, at Strømmen er Nul og i Færd med at skifte Retning i Spolen. Det Stykke af Kurven, der ligger mellem Punkterne 0 og $\frac{20}{1000}$ paa Abscisseaksen, kaldes en Periode. Man har saaledes ogsaa en hel Periode mellem Punkterne $\frac{20}{1000}$ og $\frac{40}{1000}$, mellem $\frac{40}{1000}$ og $\frac{60}{1000}$ o. s. v. Da disse Stykker i det valgte Eksempel hver svarer til Tiden $\frac{20}{1000}$ Sekund eller $\frac{1}{50}$ Sekund, har man altsaa 50 hele Perioder eller Svingninger i 1 Sekund, og man siger da, at *Frekvensen* eller *Periodetallet* er 50. Tiden for en Periode kaldes ofte blot *Perioden* og er $\frac{1}{50}$ Sekund.

Kaldes i al Almindelighed Frekvensen for f og Perioden for T , har man

$$f = \frac{1}{T}$$

De her viste og forklarede Svingninger kaldes *dæmpede Svingninger*, fordi Strømstyrken i Svingningskredsen aftager fra Periode til Periode.

I det forklarede Eksempel var Frekvensen kun 50. I Radioteknikken arbejdes med Vekselstrømme eller Svingninger med langt højere Periodetal, de saakaldte *højfrekvente Svingninger*, og hertil regnes som Regel Svingninger med Frekvenser over 10 000. De højeste Frekvenser, som hidtil er benyttet til traadløs Telegrafi, er af Størrelsesordenen 30 000 000 eller 3×10^7 .

Til de *lavfrekvente Vekselstrømme* henregnes Strømme med Frekvenser under 10 000, d. v. s. Vekselstrømme, som i en Telefon giver hørlige Svingninger. Som bekendt er det men-

neskelige Øre gennemsnitligt følsomt for Lydbølger med Frekvenser fra c. 25 til c. 10 000, men mange Mennesker opfatter nogenlunde let Frekvenser op til 15 000 eller mere.

2. Vi skal nu se lidt nærmere paa de Størrelser, som har særlig Betydning for den elektriske Foregang i Svingningskredsen. Som bekendt maales den elektriske Spænding i *Volt*, Strømstyrken i *Ampere* og Modstanden i *Ohm*. Afhængigheden mellem disse Enheder er givet i *Ohms Lov*, der lyder:

$e = r \times i$ eller sagt uden Symboler: *Spænding lig med Modstand gange Strømstyrke*. Dette er de saakaldte tekniske Enheder, som benyttes i de fleste praktiske Regninger, og hertil slutter sig den tekniske Enhed for Elektricitetsmængde: *en Coulomb*.

Hvis man i en Ledning i 1 Sekund har en Strømstyrke paa 1 Ampere, saa har en Elektricitetsmængde paa 1 Coulomb passeret et vilkaarligt Tværsnit i Lederen.

En Kondensators Kapacitet er et Maal for den Elektricitetsmængde, som Kondensatoren kan optage ved en bestemt Spændingsforskel mellem de to Pladesæt (Belægninger). Hvis man til en Kondensators Plader slutter en Strømkilde med en Spændingsforskel paa 1 Volt mellem Polerne, og det da viser sig, at Kondensatoren optager en Elektricitetsmængde paa 1 Coulomb, saa er Kondensatorens Kapacitet 1 Farad. Havde Kondensatoren f. Eks. kun optaget 0,7 Coulomb, havde Kapaciteten kun været 0,7 Farad. En Kondensator paa 1 Farad (1 F.) er imidlertid saa stor, at den vanskelig kan tænkes fremstillet i Praksis. Man benytter derfor oftere Betegnelsen Mikrofarad (MF.)*) 1 Mikrofarad er en Milliontedel Farad; altsaa $1 F = 10^6 MF$. Ved Regninger af forskellig Art benytter man ogsaa ofte den elektrostatiske Enhed for Kapacitet, Centimeter. Sammenhængen mellem disse Enheder er følgende:

$$\begin{aligned} 1 F &= 10^6 MF = 9 \times 10^{11} \text{ cm} \text{ og altsaa} \\ 1 MF &= 9 \times 10^5 \text{ cm eller } 900000 \text{ cm} \end{aligned}$$

*) En anden, hyppigt benyttet Forkortelse af Farad og Mikrofarad er Fd. og Mfd.

Hvis man prøver at sende en Strøm gennem en Kobbertraadsspole med mange Vindinger, vil det kunne paavises, at Strømmen ikke straks naar den Værdi, som man maatte vente efter Ohms Lov. Sagen er nemlig den, at der i Spolen frembringes et magnetisk Felt ved Strømmens Gennemgang, og dette Felt vil igen i Spolen inducere en elektromotorisk Kraft, som er modsat rettet den ydre Spænding, som driver Strømmen frem. Jo hurtigere Strømmen vokser op, og jo flere Vindinger, der er i Spolen, desto større bliver den omtalte mod-elektromotoriske Kraft, og denne giver derfor et Maal for Spolens induktive Egenskaber. *Hvis denne modelektromotoriske Kraft i Spolen er 1 Volt, naar Strømstyrken vokser jævnt med 1 Ampere i Sekundet, saa er Spolens Selvinduktion 1 Henry (1 Hy.).* Man udtrykker ogsaa Selvinduktionen i Centimeter og har da:

$$1 \text{ Hy.} = 10^9 \text{ cm.}$$

3. Vi har nu set, hvorledes man, som vist i Fig. 2, kan frembringe dæmpede Svingninger ved at udlade en Kondensator

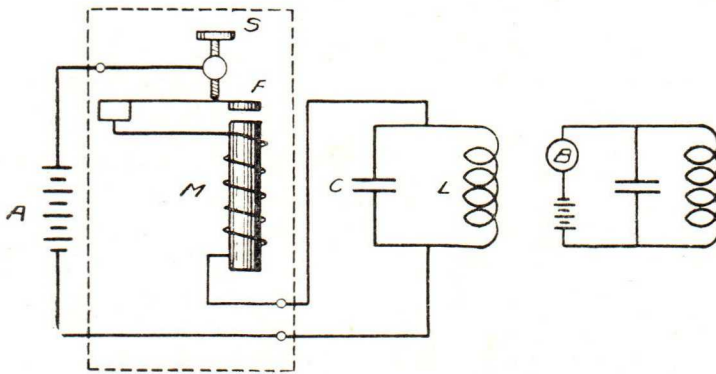


Fig. 5.

gennem en Spole. I Praksis vil man ikke bruge den her viste Metode, fordi det for det første vilde være ubekvem, stadigt at skulle haandtere den i Fig. 2 viste Omskifter, og for det

andet fordi man ved den langsomme Omskifterbetjening vilde faa omsat alt for smaa Energimængder til elektriske Svingninger. Man benytter derfor ofte den i Fig. 5 viste Metode til Frembringelse af svage, dæmpede Svingninger, navnlig i Laboratoriet. Man anvender her en Summer (Buzzer), der er indrettet omtrent som et elektrisk Ringeapparat, saaledes som Tegningen til venstre i Fig. 5 viser. Strømmen fra Elementet A passerer Kontaktskruen S, Metalfjederen F, Magnetviklingen M og Svingningskredsens Spole L. Fjederen F kommer nu i en svingende Bevægelse, hvorved den skiftevis slutter og afbryder Strømmen ved Kontaktskruen S, og da den samme intermitterende Strøm flyder i Spolen L, vil der ved hver Strømafbrydelse opstaa en dæmpet Svingningsrække i Svingningskredsen L—C. Det viste Arrangement fremstilles som Regel rent skematisk, som Tegningen til højre i Fig. 5 viser.

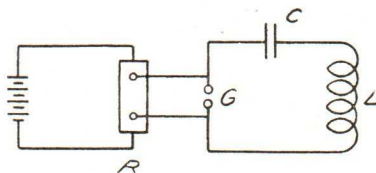


Fig. 6.

Endelig kan man ogsaa frembringe dæmpede Svingninger paa den i Fig. 6 viste Maade. Her er R en Induktionsrulle eller et andet Apparat, som kan frembringe elektriske Gnister, og disse Gnister lader man slaa over mellem Kuglerne i Gnistbanen G. Det indses imidlertid let, at man ikke vil faa nogen Gnist, før Strømmen fra R har ladet Kondensatoren C op til en passende høj Spænding, og før Gnisten slaar over har man heller ikke nogen lukket Svingningskreds, idet Kredsløbet er brudt ved Gnistbanen G. Men i samme Øjeblik, Gnisten slaar over ved G, dannes en ledende Strømvej mellem Kuglerne i Gnistbanen, og man vil da faa en dæmpet Svingningsrække i den lukkede Svingningskreds L — C — G. Svingningerne vil naturligvis kun vedvare i den Tid, Gnisten

eksisterer, saa hvis Gnisten dør bort efter et Tidsrum af f. Eks. en Titusindedel Sekund, og hvis Svingningernes Frekvens er 100 000, saa frembringes der altsaa for hver Gnistoverspring højest 10 hele Svingninger. Antager man nu, at Gnistfrembringeren kan give 500 Gnister i Sekundet, saa faar man altsaa i hvert Sekund 500 dæmpede Svingningstog med 10 Svingninger i hvert. Dette Forhold er grafisk frem-

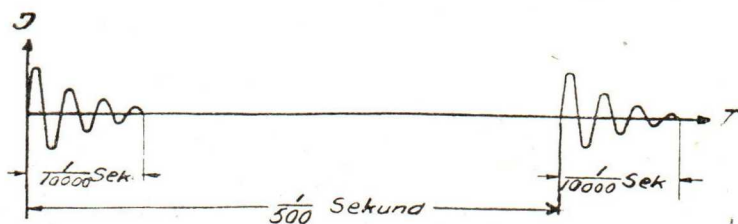


Fig. 7.

stillet i Fig. 7, hvor der af Pladshensyn kun er vist to Svingningsrækker, svarende til to Gnistoverspring med $1/500$ Sekunds Tidsforskel.

4. Som tidligere omtalt dæmpes Svingningerne mere eller mindre paa Grund af Energitaab i Svingningskredsen. Denne Dæmpning er naturligvis først og fremmest afhængig af den ohmske Modstand i Spole og Ledninger. Endvidere er den afhængig af Kondensatorens Godhed, idet der kan finde Tab Sted ved Afledning mellem Pladesættene, ligesom et uegnet Isolationsmateriale mellem Pladerne kan give Anledning til andre Energitaab, (dielektriske Tab). Atmosfærisk Luft mellem Pladerne giver de mindst muligt Tab, men gennembrydes lettere ved høje elektriske Spændinger, end mange af de faste Isolationsstoffer. Man vil endvidere finde, at Dæmpningen bliver desto større, jo større Kapacitet, Kondensatoren har, og jo mindre Spolens Selvinduktion er. Med stor ohmsk Modstand, stor Kapacitet og lille Selvinduktion i Svingningskredsen kan Dæmpningen blive saa stor, at der slet ikke vil opstaa Svingninger i Kredsen ved de foran forklarede Metoder. Kaldes Kredsens samlede ohmske Modstand R , Konden-

satorens Kapacitet C og Spolens Selvinduktion L , saa skal R være mindre end

$$2 \sqrt{\frac{L}{C}}$$

for at der overhovedet kan opstaa frie Svingninger i Kredsen. (R i Ohm, L i Henry og C i Farad).

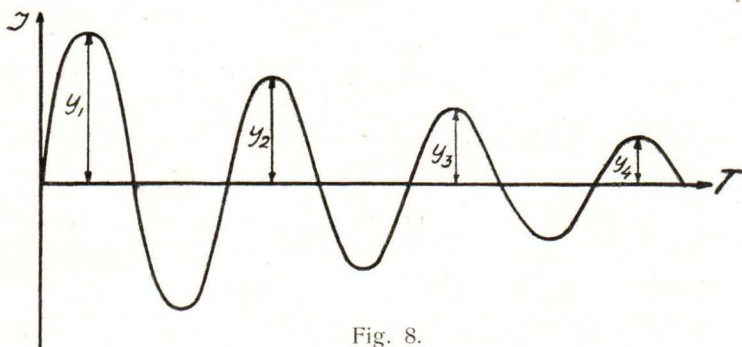


Fig. 8.

Fig. 8 viser Svingningerne i en svagt dæmpet Svingningskreds, og man ser, hvorledes Strøamplituderne bliver mindre og mindre for hver Periode. Kaldes den største Strømstyrke i hver positiv Halvperiode for y_1, y_2, y_3, y_4 , o. s. v., saa har man:

$$\frac{y_1}{y_2} = \frac{y_2}{y_3} = \frac{y_3}{y_4} \text{ o. s. v.}$$

Hvert af disse Forhold giver altsaa et Maal for Dæmpningen og kaldes *Dekrementet eller Dæmpningsforholdet*. Den naturlige Logaritme til et af disse Forhold kaldes *det logaritmiske Dekrement*.

5. Lige i Begyndelsen af en dæmpet Svingningsrække finder man naturligvis den største Energimængde i Svingningskredsen, idet denne Energi under Svingningsforløbet lidt efter lidt gaar tabt, hovedsageligt som Varme.

Kaldes Kodensatorens Kapacitet C og den størst forekom-

ne elektriske Spændingsforskel mellem Pladerne for e_{\max} , saa er den paa Kondensatoren ophobede Energimængde

$$W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot e_{\max}^2$$

hvilket altsaa er hele den i Svingningskredsen værende Energimængde.

Denne Energimængde vil, bortset fra Strømvarmetab, et Øjeblik senere have sit Sæde i Spolen og i dennes Magnetfelt, og den kan derfor ogsaa udtrykkes ved Spolens Selvinduktion L og ved den største Strømstyrke i_{\max} , idet man har:

$$W = \frac{1}{2} \cdot L \cdot i_{\max}^2$$

I disse Udtryk maales Spændingen e i Volt, Strømstyrken i i Ampere, Kapaciteten C i Farad, Selvinduktionen L i Henry og Energimængden W i Watt.

6. Som allerede nævnt, opstaar der dæmpede Svingninger i en lukket Svingningskreds, naar denne paa en eller anden Maade faar en pludselig elektrisk Impuls. Nu er Spørgsmaalet: Med hvilken Frekvens vil disse Svingninger opstaa, og hvoraf vil Frekvensen afhænge?

Det viser sig, og kan iøvrigt let udledes fra den almindelige Vekselstrømsteknik, at Frekvensen næsten udelukkende er afhængig af Kredens Kapacitet C og Selvinduktion L . Maales disse Størrelser i henholdsvis Farad og Henry, bliver Frekvensen:

$$f = \frac{1}{2 \pi \sqrt{L \cdot C}}$$

Hvis man maaler Kapacitet og Selvinduktion i cm. bliver

$$f = \frac{3 \cdot 10^{10}}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

Man ser, at jo større Kapacitet og Selvinduktion bliver,

desto lavere bliver Frekvensen. Er saaledes $L = 1$ Hy. og $C = 1$ Farad, saa bliver f omtrent lig $\frac{1}{6}$, hvilket altsaa vil sige, at man kun faar $\frac{1}{6}$ Periode i 1 Sekund, eller at en hel Periode varer 6 Sekunder. Vælger man derimod Kapacitet og Selvinduktion meget lille, kan Frekvensen blive overordentlig høj, f. Eks. paa mange Millioner.

Dæmpede Svingninger, som opstaar ved en enkelt elektrisk Impuls i en Svingningskreds, kaldes frie Svingninger, og deres Frekvens er det, som vi vedtager at kalde Svingningskredsens Egenfrekvens.

7. Da elektriske Strømkredse naturligvis altid besidder ohmsk Modstand, saa indvirker enhver Svingningskreds mere eller mindre dæmpende paa alle elektriske Svingninger. Man har imidlertid Højfrekvensgeneratorer af forskellig Art, hvormed man er i Stand til at tilføre Svingningskredsen smaa Energimængder i hver Periode som Erstatning for den Energi, der tabes i Kredsen, og man opnaar herved elektriske Svingninger af konstant Styrke, de saakaldte *kontinuerlige Svingninger*.

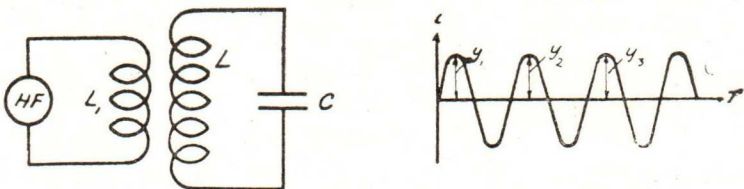


Fig. 9.

Rent skematisk er dette vist i Fig. 9, hvor man til venstre ser Højfrekvensgeneratoren for kontinuerlige Svingninger, som sender højfrekvent Vekselstrøm gennem Spolen L_1 . Denne Spole overfører ved Induktion sin Energi til Kredsen $L-C$, og i denne Kredse opstaar da de saakaldte udæmpede eller kontinuerlige Svingninger, som er grafisk fremstillet til højre i Figuren. Man ser her, at alle Maksimalamplituderne y_1 , y_2 , y_3 , o. s. v. er lige store, og Svingningerne vil saaledes fortsætte med uforandret Styrke, saa længe der tilføres tilstræk-

kelig Energi fra Højfrekvensgeneratoren.

Generatorer til Frembringelse af kontinuerlige højfrekvente Svingninger bliver nærmere omtalt i Bogens senere Af-snit.

8. De Svingningskredse, der hidtil har været omtalt, har kun bestaaet af en enkelt Spole og af en enkelt Kondensator, men de kan ligesaa godt bestaa af forskellige Kombinationer af flere Spoler og Kondensatorer. Har man to Spoler med Selvinduktion L_1 og L_2 forbundet i Serie (Se Fig. 10. [1]),

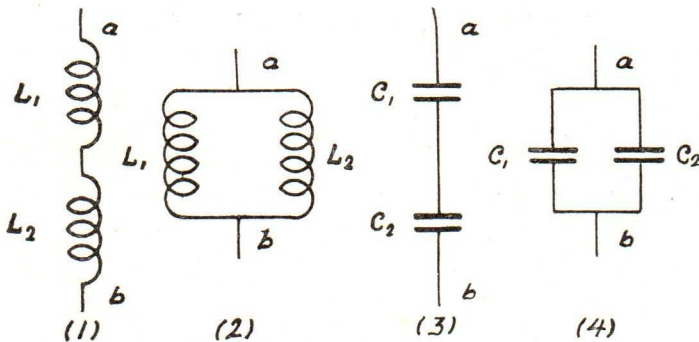


Fig. 10.

saa er den samlede Selvinduktion L , maalt fra a til b: $L_1 + L_2$, forudsat, at Spolerne er anbragt induktionsfrit i Forhold til hinanden. Under samme Forudsætning vil Spolerne i Parallelforbindelse (Fig. 10. [2]) tilsammen give en mindre Selvinduktion L , maalt fra a til b. Her har man til Bestemmelse af L

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$$

For Kondensatorer er Forholdet det omvendte, idet man for Serieforbindelse (Fig. 10 [3]) faar den samlede Kapacitet C , maalt fra a til b af

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

medens man for Parallelforbindelsen, Fig. 10 [4] faar: $C = C_1 + C_2$.

To Spoler, som sættes tæt sammen, anbringes lettest induktionsfrit i Forhold til hinanden paa den Maade, at den ene Spoles Viklingsplan staar vinkelret paa den anden Spoles Viklingsplan og ud for Midten af denne Spole.

Elektromagnetiske Bølger.

9. I den traadløse Telegrafi og Telefoni benytter man sig af den Omstændighed, at det er muligt, at faa de elektriske Svingninger til at udstraale Energi (Bølger), som kan modtages og paavises i stor Afstand fra Senderen. Den lukkede Svingningskreds, som vi hidtil har omtalt, udstraaler imidlertid meget lidt Energi; vil man have en kraftigere Energiudstraaling, maa man benytte den aabne Svingningskreds eller Antennen.

Den aabne Svingningskreds bestaar ligesom de lukkede af Kapacitet og Selvinduktion. Kun har den aabne Kreds en meget stor Afstand mellem Kondensatorens to Belægninger, saaledes at man mellem disse Belægninger faar et elektrisk Felt af stor Udstrækning. En saadan aaben Svingningskreds dannes i Praksis af Antenne og Jordforbindelse. Antennen bestaar som Regel af vandret ophængte Metaltraade, der ved Enderne er isolerede med Porcelænsæg eller lignende, og fra disse Traade fører en Metaltraad, Nedføring, ned til Sender eller Modtager, hvorfra der igen gaar en Forbindelse til Jord. I denne aabne Svingningskreds er Jorden den ene og Antennetraadene den anden Kondensatorbelægning. Selvinduktionen udgøres dels af eventuelle Spoler i Sender eller Modtager og dels af selve Nedføringstraadene og Antennetraadene. Man maa nemlig huske paa, at ogsaa retliniede Ledninger har Selvinduktion, som man ganske vist i Lavfre-

kvensteknikken som Regel kan se bort fra, men som man i Højfrekvensteknikken i meget høj Grad maa regne med, idet den induktive Modstand vokser med den benyttede Frekvens.

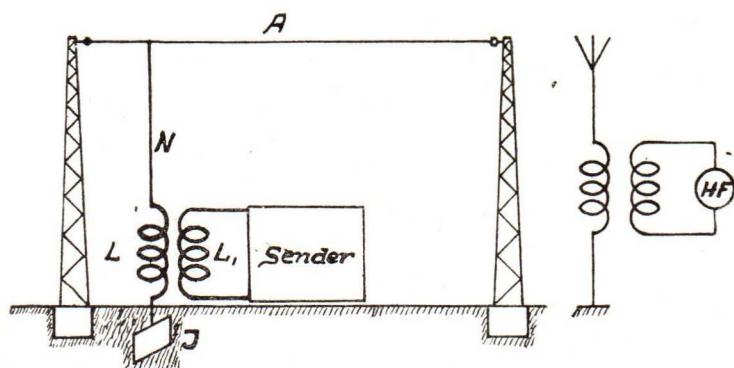


Fig. 11.

I Fig. 11 er til venstre vist en Antenne A, udspændt mellem to Master. Nedføringen N gaar til Spolen L, der atter er forbundet til Jordpladen J.

Fra Senderen sendes nu de højfrekvente Svingninger ved Induktion mellem Spolerne L og L_1 over i Antennesystemet. Dette Arrangement er vist rent skematisk til højre i Fig. 11.

Naar der sendes elektriske Svingninger op i Antennen, saa vil der fra denne udstraale elektromagnetiske Bølger i alle Retninger, og disse Bølger farer afsted med Lysets Hastighed, 300 000 km i Sekundet. Kaster man en Sten mod en stillestaaende Vandflade, saa ser man, at der dannes Bølgeringe uden om Nedslagsstedet, og at disse Bølgeringe vider sig ud i større og større Ringe, saa at Bølgebevægelsen snart er forplantet ud over hele Vandoverfladen. Paa lignende Maade kan man tænke sig, at de elektromagnetiske Bølger breder sig ud til alle Sider som Ringe omkring Antennen, kun er der her ikke Tale om Overfladebølger, men om rumlige Bølger, der ikke alene holder sig til Jorden, men ogsaa breder sig i Højden.

Disse Bølger bestaar af hurtigt varierende elektrostatiske og magnetiske Felter, og de har den Egenskab, at hvor de paa deres Vej træffer ledende Legemer, frembringer de i disse svage elektriske Svingninger i Takt med Svingningerne i den udstraalende Antenne.

Ligesaa vel som man kan tale om Afstanden mellem to Bølgetoppe paa en Vandoverflade, kan man i Radioteknikken tale om Afstanden mellem to positive Halvbølger, den saakaldte „Bølgelængde“, der sædvanligvis betegnes med det græske Bogstav λ .

Lad os foretage et lille Tankeeksperiment som det, der er

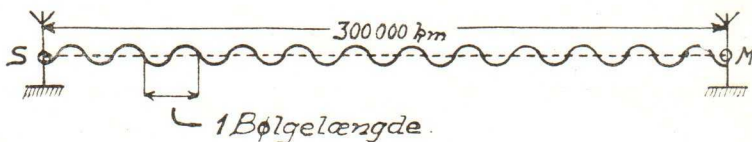


Fig. 12.

vist i Fig. 12. Her er S og M en Sender og en Modtager, der er anbragt 300 000 km fra hinanden. Senderen S begynder pludseligt at udsende Bølger med Frekvensen f , hvilket altsaa vil sige, at den i 1 Sekund udsender f hele Bølger, og vi antager endvidere, at den efter 1 Sekunds Forløb lige saa pludselig standser sin Udsendelse. Da Bølgerne nu forplanter sig med en Hastighed af 300 000 km i Sekundet, saa vil efter 1 Sekunds Forløb den først frembragte Bølge netop være naaet over til M, medens den sidst frembragte Bølge først lige har forladt Senderen S. Paa hele den 300 000 km lange Strækning befinder der sig altsaa i det betragtede Øjeblik f hele Bølger, og hver Bølge maa derfor have en Længde

$$\lambda = \frac{300000}{f} \text{ Kilometer.}$$

Da man som oftest udtrykker Bølgelængden λ i Meter, har man i al Almindelighed, idet f er Frekvensen

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{f} \text{ m.}$$

10. Hvis der opstaar frie Svingninger i en Svingningskreds med Selvinduktion L cm og Kapacitet F cm, saa faar, som tidligere omtalt, disse Svingninger en Frekvens f udtrykt ved

$$f = \frac{3 \cdot 10^{10}}{2 \cdot \pi \sqrt{L_{\text{cm}} \cdot C_{\text{cm}}}}$$

Vil man endvidere ogsaa udtrykke Bølgelængden λ i cm, har man

$$\lambda_{\text{cm.}} = \frac{3 \cdot 10^{10}}{f}$$

og af dette og Udtrykket for Frekvensen findes let denne simple Formel:

$$\lambda_{\text{cm.}} = 2 \cdot \pi \sqrt{L_{\text{cm}} \cdot C_{\text{cm}}}$$

Dette er det simpleste Udtryk for Bølgelængden, og det er særligt let at huske, da baade Bølgelængde, Selvinduktion og Kapacitet er maalt i Centimeter.

Til praktisk Brug kan dette Udtryk med tilstrækkelig Nøjagtighed skrives som:

$$\lambda_{\text{cm.}} = 6,28 \sqrt{L_{\text{cm}} \cdot C_{\text{cm}}}$$

Resonans. Kobling.

11. Naar en Vekselstrøm sendes gennem en rent induktiv eller en rent kapacitiv Modstand (Spole eller Kondensator), saa vil der opstaa en Faseforskydning paa 90° mellem Strøm og Spænding; det vil sige, at Strømmen gennem Kondensatoren eller Spolen er Nul i det Øjeblik, hvor Spændingen mellem Kondensatorens Plader eller mellem Spolens Ender har sin

højeste Værdi. Ser vi paa Tegning a i Fig 13, hvor en Kondensator og Spole er forbunden i Serie med en Vekselstrøms-generator G, saa maa det naturligvis være den samme Strøm,

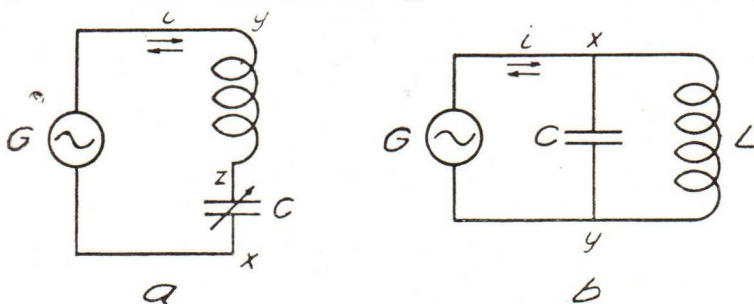


Fig. 13.

der passerer Spole og Kondensator, hvorimod man i Fig. 13, b ser at Kondensator og Spole her i hvert Øjeblik maa have den samme Spænding.

Vi skal ikke her komme nærmere ind paa Forholdet mellem Strøm og Spænding i de to Kredse. Disse Forhold behandles i den almindelige Vekselstrømsteknik,*) og vi skal derfor kun nævne følgende Fakta:

Modstanden, som en Spole med Selvinduktion L byder den elektriske Strøm, er $\omega \cdot L$, hvor ω er lig $2 \cdot \pi \cdot f$ (f er Frekvensen).

Modstanden gennem en Kondensator med Kapacitet C er derimod $\frac{1}{\omega \cdot C}$

Hvis Spole og Kondensator i Fig. 13 byder Vekselstrømmen den samme Modstand, saa har man altsaa:

$$\omega \cdot L = \frac{1}{\omega \cdot C}, \text{ eller } \omega^2 = \frac{1}{L \cdot C}$$

$$\text{heraf faaes: } \omega = 2 \cdot \pi \cdot f = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} \text{ eller } f = \frac{1}{2 \pi \sqrt{L \cdot C}}$$

*) Nærmere om Uledelsen af disse Formler vil f. Eks. kunne findes i Leth & Ree's Vejledning for Elektroinstallatører. 2. Del.

Man ser, at det fundne Udtryk er det samme, som tidligere er opgivet for Frekvensen af de i en Svingningskreds opstaaede frie Svingninger, og man siger i de foreliggende Tilfælde, at *Strømkredsen er i Resonans med den paatrykte Frekvens.*

12. I Fig. 13 a er Kondensatoren vist variabel, for at man med den kan afstemme Kredsen til Resonans med Generatorfrekvensen. Har man opnaaet Resonans, opfører de to Kredse sig forskelligt. I a vil Strømkredsen praktisk talt slet ingen Modstand yde mod Vekselstrømmen, saa man vil raa en meget kraftig Strøm gennem Spole og Kondensator, medens Spændingen maalt mellem Punkterne x og y, og dermed Generatorspændingen omtrent falder til Nul. Derimod vil der optræde betydelige Spændinger mellem Punkterne x og z og mellem z og y.

I Fig. 13 b vil man i Tilfælde af Resonans næsten ikke kunne faa Generatoren til at drive Strøm gennem Svingningskredsen L — C.

Denne Svingningskreds virker som en umaadelig høj Modstand mod Generatorstrømmen, og man vil derfor maale Generatorens fulde og normale Spænding mellem Punkterne x og y. Derimod vil der indenfor selve Svingningskredsen L — C løbe meget kraftige Strømme mellem Spole og Kondensator med den samme Frekvens, som Generatoren giver.

Hvis man nu forstemmer Svingningskredsen, d. v. s. ændrer den Indstilling af Kondensatoren, hvor man havde Re-

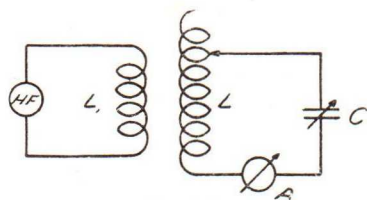


Fig. 14.

sonans, saa vil Generatoren komme til at afgive mere og mere Strøm, medens Strømmen indenfor selve Svingningskredsen aftager stærkt.

I Fig. 14 er vist en Højfrekvensgenerator HF, som sender højfrekvent Vekselstrøm gennem Spolen L_1 . Denne Spole er induktivt koblet til Spolen L i Svingningskredsen L — C og søger altsaa at inducere højfrekvente Svingninger over i denne Kreds, og den Strøm, der induceres over, maales med et Instrument A. (Varmetraadsamperemeter eller lignende). Man vil her faa at se, at naar Kredsen L — C er afstemt til Resonans med Generatorfrekvensen f, altsaa naar
$$f = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$
 saa viser Instrumentet A den stærkeste Strøm i Kredsen.

Strømmen i Kredsen L — C bliver ogsaa indenfor visse Grænser desto stærkere, jo nærmere de to Spoler L og L_1 er hinanden.

Havde der her været Tale om lavfrekvente Strømme, saa maatte de to Spoler være koblet meget tæt sammen, eventuelt med fælles Jernkerne, for at faa nævneværdig Energi overført. Ved højfrekvente Svingninger er Induktionsvirkningen saa kraftig, at blot Spolerne — uden Jernkerne — anbringes i nogen Afstand fra hinanden, saa kan L_1 inducere betydelige Spændinger over i L.

Lad os tænke os, at Kondensatoren C i Fig. 14 er en Drejekondensator med 100 Inddelinger paa Skalaen, og at Ampere-meteret A viser den største Strøm i Svingningskredsen, naar Kondensatorens Viser staar paa 40.

I et Koordinatsystem afsætter vi nu ud ad Abscisseaksen lige store Stykker svarende til Kondensatorskalaens Inddelinger, og op ad Ordinataksen afsættes Inddelinger for Amperemeterets Udslag (Strømstyrken i Svingningskredsen). Vi afsætter nu i dette Koordinatsystem sammenhørende Værdier af Strøm og Kondensatorindstilling og finder da en Kurve som A i Fig. 15, forudsat tilstrækkelig løs Kobling mellem Generatoren og Svingningskredsen i Fig 14.

Kurven A kaldes Resonanskurven og viser os, hvordan en ganske bestemt Afstemning af Svingningskredsen giver kraftige Strømme i denne, medens selv en ringe Forstemning faar

Strømmen til at falde stærkt. Punktet t kaldes Resonanspunktet.

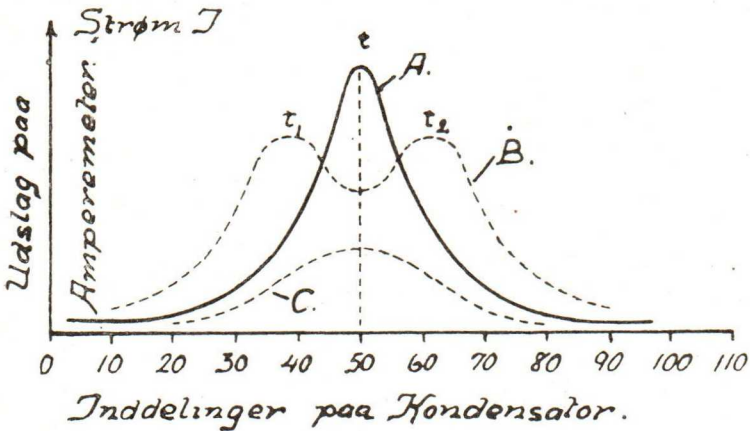


Fig. 15.

Ved en meget fast Kobling mellem Generator og Svingningskreds, vilde man muligvis være kommet til den punkterede Kurve B med de to Resonanspunkter t_1 og t_2 , og man ser da, at selv en ret betydelig Ændring af Kondensatorens Indstilling ikke ændrer Strømstyrken særlig meget.

Opstillingen i Fig. 14 kan bruges som Eksempel paa en Frekvens- eller Bølgemaaling. Kurven A i Fig. 15 viser jo, at der er Resonans, naar Kondensatoren er indstillet paa 50. Kender vi nu Kondensatorens Kapacitet C ved denne Indstilling og Spolens Selvinduktion L , saa er Generatorens Bølgelængde:

$$\lambda_{cm.} = 2 \pi \sqrt{L_{cm.} \cdot C_{cm.}}$$

Med den faste Kobling mellem Generator og Svingningskreds vilde vi derimod ikke være i Stand til at maale Bølgelængden, fordi vi da ikke kunde finde et enkelt skarpt bestemt Resonanspunkt.

Kurven A i Fig. 15 er vist med et ret skarpt bestemt Toppunkt t , og bruger vi som foran omtalt Opstillingen i Fig. 14

til en Bølgemaaling, saa vil man let ved langsom Variation af Kondensatoren C finde en bestemt Stilling, hvor Strømmen i Svingningskredsen L—C er Maksimum. Hvis man nu indskyder en ohmsk Modstand i denne Svingningskreds og prøver at optage Resonanskurven igen, saa finder man, at Kurven er bleven en hel Del fladere (Kurven C i Fig. 15) og det er nu blevet vanskeligt at bestemme Kurvens Toppunkt, fordi Amperemetrets Udslag ikke ændres kendeligt ved smaa Variationer af Kondensatorens Kapacitet. Man ser heraf, at en stærkt dæmpet Svingningskreds ikke har nogen udpræget Egenfrekvens.

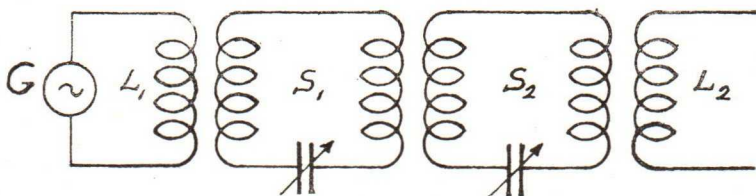
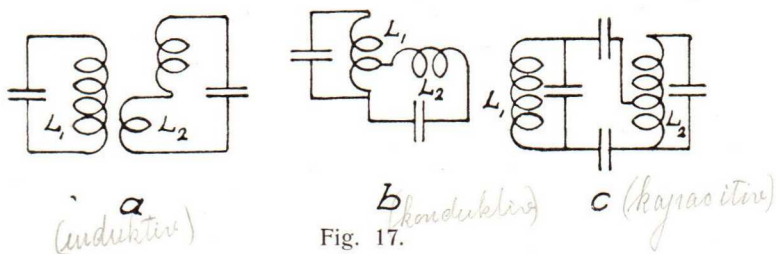


Fig. 16.

13. I Fig. 16 er vist en Generator G, som ved Spolen L_1 er koblet til en Svingningskreds S_1 . Lad os nu tænke os, at Generatoren, saaledes som det ofte er Tilfældet i Praksis, ikke alene frembringer en Grundsvingning med en given Frekvens, men ogsaa mange andre, svagere Svingninger med andre Frekvenser („Oversvingninger“), og at vi til et eller andet Formaal søger at faa fat i Grundfrekvensen f alene. Vi afstemmer da Svingningskredsen S_1 til Frekvensen f og kobler den løst til Spolen L_1 . Det fremgaar da af det tidligere beskrevne, at man i S_1 faar induceret Grundsvingningen over næsten usvækket, medens Svingninger med andre Frekvenser kun i ringe Grad paavirker denne Svingningskreds. Vil man yderligere bortfiltrere de uønskede Svingninger, kan man tilkoble en Svingningskreds S_2 til S_1 og ogsaa afstemme S_2 til Frekvensen f , og endelig kan man eventuelt til S_2 koble en Spole L_2 , hvorfra man kan aftage de højfrequente Svingnin-

ger med Frekvensen f , medens alle uvedkommende Svingninger nu er filtreret fra.

14. Vi har hidtil kun omtalt den induktive Kobling mellem Svingningskredse, men man kan ogsaa sammenkoble to Svingningskredse konduktivt eller kapacitivt, eller disse Me-



toder kan kombineres paa mangfoldige Maader. I Fig 17 viser a to Kredse, der er induktivt sammenkoblet paa den Maade, at kun nogle faa Vindinger af Spolen L_2 er koblet til L_1 . Et Eksempel paa konduktiv (galvanisk) Kobling er vist i b, hvor de to Svingningskredse har nogle faa Vindinger af Spolen L_1 fælles. Endelig er et Eksempel paa den kapacitive Kobling vist i c.

Detektorer.

15. Naar højfrequente Svingninger skal paavises, maa de som Regel først ensrettes, d. v. s. omdannes til en almindelig eller pulserende Jævnstrøm, da de fleste fra den almindelige Elektroteknik kendte Instrumenter er ufølsomme overfor højfrequent Strøm. Sendes en højfrequent Strøm gennem en Hovedtelefon, vil man intet kunne høre deri, fordi Øret ikke kan opfatte saa hurtige Svingninger.

I Fig. 18 er foroven vist en Højfrequensgenerator, som frembringer en Række dæmpede Svingningstog, f. Eks. 1000 Svingningstog i Sekundet. S er en Svingningskreds, som afstemmes til Resonans med Generatoren, H en Hovedtelefon

og D en Ensretter eller Detektor, som kun giver Passage for Strømmen i een bestemt Retning.

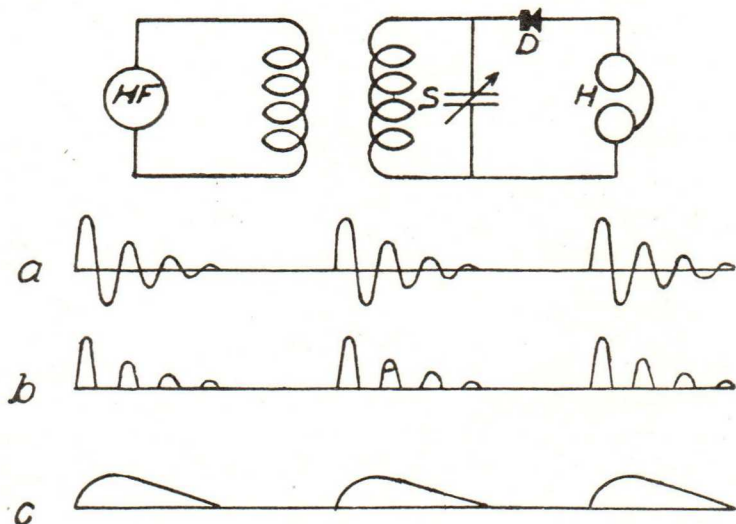


Fig. 18.

I Kurverne for neden viser nu a de Svingninger, der opstaar i Svingningskredsen S, og som altsaa søger at sende tilsvarende Vekselstrømme gennem Hovedtelefonen. Paa Grund af Detektorens ensrettende Virkning, faar man imidlertid kun hveranden Periodehalvdel gennem Detektoren (Kurven b), og paa Grund af Telefonens Selvinduktion udjævnes disse hurtige Impulser til mere jævne Strømstød gennem Telefonen (Kurve c). Et Tusinde Strømstød pr. Sekund af denne Art gennem Telefonen faar dennes Membran til at svinge med den hørlige Frekvens 1000, og man kan altsaa ved Lytning paa denne Maade paavise Svingningerne.

Der har i Tidens Løb været benyttet mange forskellige Slags Detektorer, men de fleste af disse er nu gaaet ud af Brug. De vigtigste Detektorer nutildags er Audiondetektoren, der omtales i et senere Afsnit og Krystaldetektoren.

Krystaldetektoren bestaar af en mineralsk Krystal, som er

faststøbt*) eller fastspændt i en Metalbøsning. En tynd, fjedrende Metaltraad hviler med sin Spids let mod Krystallen og det viser sig da, at den elektriske Modstand i Berøringspunktet er afhængig af Strømretningen. Man kan f. Eks. finde, at Modstanden er 6000 Ohm med Strømretning fra Krystal til Spids og maaske 50 000 Ohm med den modsatte Strømretning. Hvis Kontaktstedet derfor udsættes for en Vekselstrøm, vil Resultatet blive, at der gennem Kontaktstedet flyder mere Strøm i den ene, end i den anden Retning, og man faar saaledes efter Detektoren en pulserende Jævnstrøm i Stedet for en Vekselstrøm.

Detektorens Egenskaber kan undersøges ved den i Fig. 19 viste Opstilling. Her kan man ved Hjælp af Batteriet B og Potentiometeret P ændre baade Størrelse og Retning af den Strøm, der sendes gennem Detektoren D. Den Spænding, som Krystaldetektoren er udsat for, maales med Voltmetret V, medens Strømmen gennem Detektoren maales med Milliamperemeteret MA. Afsættes nu sammenhørende Værdier af Spændingen e og Strømmen i i et Koordinatsystem, som vist til højre

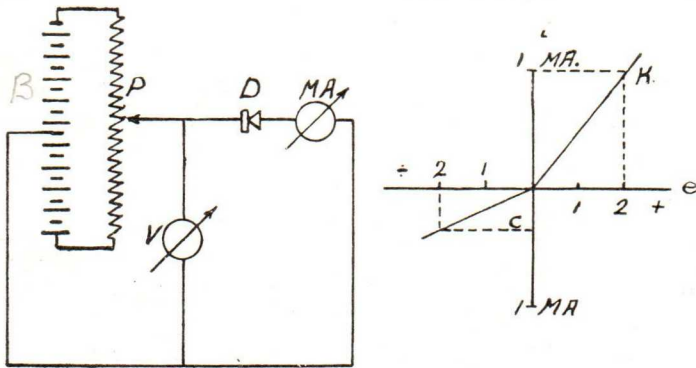


Fig. 19.

i Fig. 19, kan man komme til en Kurve som K, der viser, at

*) Til Indstøbning benyttes Legeringer med lavt Smeltepunkt (under 100° C). F. Eks. Woods Metal, der bestaar af 2 Dele Tin, 4 Dele Bly, 5—8 Dele Wismuth og 1—2 Dele Kadmium.

man med en Spændingsforskel paa 2 Volt mellem Krystal og Metaltraad kan faa enten 1 eller $\frac{1}{4}$ Milliampere gennem Kontaktpunktet alt efter Strømretningen. Kurven vil blive forskellig alt efter de anvendte Krystaller og Metalspidser, og i nogle Tilfælde falder Kurvens skarpe Knæk ikke i Koordinatsystemets Begyndelsespunkt, men et Stykke til Siden, som Karak-

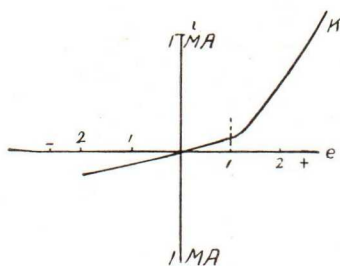


Fig. 20.

teristikken for en Karborundumdetektor i Fig. 20 viser. Da Krystallens ensrettende Virkning beror paa, at Vekselspændingerne svinger omkring det skarpe Knæk paa Kurven, maa man altsaa ved denne Detektor benytte en Hjælpspænding paa c. 1 Volt for at faa den gunstigste Virkning af Detektoren.

I tidligere Tid benyttede man mest naturligt forekommende Krystaller som Blyglans (Galena), Molybdænglans, Zinkblende, Silicium o. l., medens man nu til Dags mest anvender kunstigt fremstillede Krystaller, der udmærker sig ved langt større Følsomhed og Stabilitet. Med de naturlige Krystaller forekommer det ofte, at man kun kan opnaa god Detektorvirkning paa ganske faa Punkter af Krystallens Overflade, og et af disse Punkter maa da findes ved møjsommelig Eftersøgning med Metaltraadens Spids. De kunstige Krystaller forekommer nu som Regel med en helt igennem følsom Overflade, og de er ofte sammensat af omtrent de samme Stoffer, som de naturlige. Til de kunstige Krystaller hører ogsaa Karborundum (Siliciumkarbid), der dog som foran nævnt kræver en lille Hjælpspænding for at arbejde tilfredsstillende.

Til Kontaktmetal (Føletraad) kan anvendes mange forskel-

lige Metaller, saasom, Guld, Sølv, Bronze, Jern o. l., men man kan ogsaa danne et godt Detektorpunkt ved Berøring mellem to Krystaller. F. Eks. benyttes i den saakaldte Perikondetektor et Stykke Rødzinkerts og et Stykke Kobberpyrit.

En almindelig Form for en Krystaldetektor, monteret med

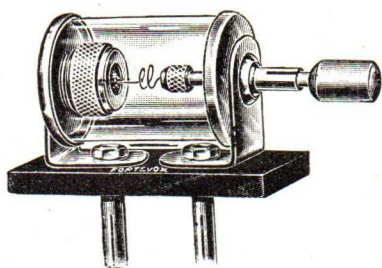


Fig. 21.

Kontaktbed er vist i Fig. 21. Længst til højre ses Haandtaget for den bevægelige Arm, hvori Føletraaden er fastspændt. Til venstre ser man Metalbøsningen med Krystallen.

Højfrekvente Strømme kan paavises og maales ved den Varme, der udvikles, naar de passerer en ohmsk Modstand. En saadan Maaling kan foretages direkte med Varmetraadsam-

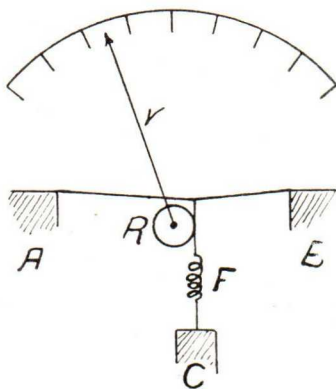


Fig. 22.

peremeteret, der er vist skematisk i Fig. 22. Mellem to faste

Støttestrukte A og B er udspændt en tynd Metaltraad med en forholdsvis høj Varmeudvidelseskoefficient. Fra Midten af denne Traad gaar en lodret Traad ned omkring en Tromle R og derefter til en Fjeder F, som er fastgjort til et tredje fast Støttestrukt C. Naar der nu sendes en elektrisk Strøm, ligegyldigt om det er Jævn- eller Vekselstrøm, gennem den vandrette Metaltraad fra A til B, saa opvarmes denne Traad af Strømmen og udvider sig. Dens Midtpunkt, der strammes ned efter af Fjederen F, vil da give efter, og den lodrette Traad vil nu, idet den trækkes nedefter, dreje Tromlen R og dermed Viseren V med rundt. Viseren peger paa en inddelt Skala, og dens Bevægelse bliver et Maal for Strømstyrken.

Vil man for at kunne maale store Strømstyrker shunte dette Instrument med en Modstand, der kan tage en bestemt Brøkdelen af Strømmen, saa maa der træffes ganske særlige Foranstaltninger, naar Instrumentet skal bruges til Maaling af højfrequente Strømme. De højfrequente Strømme vil nemlig højest sandsynligt fordele sig paa en anden Maade gennem Shunt og Varmetraad, end en Jævnstrøm vilde gøre, baade fordi Traadens Selvinduktion og særlige Højfrequensmodstand faar Betydning, og ogsaa fordi Traadens Kapaciteter til Omgivelserne influerer paa Fordelingen.

Et saadant shuntet Instrument maa da enten indrettes med et Antal lige store Shunte, ganske symmetrisk fordelt og med den samme Modstand som Varmetraaden, eller det maa justeres med højfrequent Vekselstrøm.

Man kan ogsaa til Maaling benytte sig af den termoelektriske Virkning mellem to forskellige Metaller. Som bekendt opstaar der en svag Spændingsforskel mellem to forskellige sammenloddede Metaller, naar deres Loddested opvarmes, og hvis man lader Loddestedet opvarme ved den højfrequente Strøms Gennemgang, kan man tage den derved opstaaede elektromotoriske Kraft som et Maal for Strømstyrken.

Hvis man forbinder Klemskruerne paa et almindeligt fintmærkende Milliamperemeter for Jævnstrøm med et saadant Termoelement med en passende stor ohmsk Modstand ved

Loddestedet, saa kan dette *Termoinstrument* benyttes direkte til Maaling af højfrequente Strømme, idet disse paa Grund af den forholdsvis store Modstand i Loddestedet afgiver nogen Energi som Varme her.

Til Maaling af svage højfrequente Strømme benyttes ofte

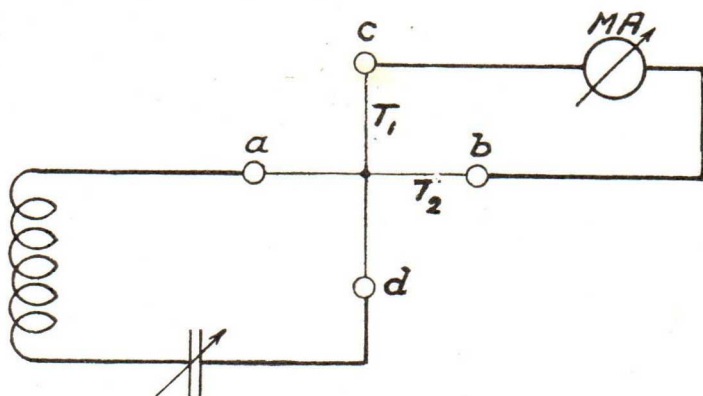


Fig. 23.

Termokorset, der er vist i en Maaleopstilling i Fig. 23. Selve Termokorset bestaar af to Traade T_1 og T_2 af forskellige Metaller, udspændt saaledes mellem fire faste Punkter a, b, c og d, at de krydser hinanden under en ret Vinkel og berører hinanden paa Midten. I Berøringspunktet er de to Traade sammensvejsede og danner saaledes et Termoelement. Traadene er som Regel ganske tynde, saaledes at de bliver kendeligt opvarmede selv ved at gennembløbes af en Strøm paa nogle faa Milliampere.

I Opstillingen i Fig. 23 sendes Strømmen i Svingningskredsen direkte gennem Termokorset fra a til d, og den udviklede Jævnstrøm føres fra Klemmerne c og b til det fintmækkende Maaleinstrument MA.

Bølgemaaling.

16. Det er allerede tidligere i Fig. 14 vist, hvordan man rent principielt kan udføre en Bølgemaaling. I Praksis vil man bli-

ve stillet overfor to forskellige Opgaver, nemlig Maaling af en Højfrekvensgenerators (Senders) Bølgelængde, og Afstemning af en Modtager til en bestemt Bølgelængde.

Den første af disse Maalinger er vist i Fig. 24. Bølgemaaleren, der er koblet løst til Senderen, bestaar af et Spolesystem L og en Kondensator C, hvis Viser peger paa en Skala, som kan være direkte inddelt i Meter Bølgelængde. Naar

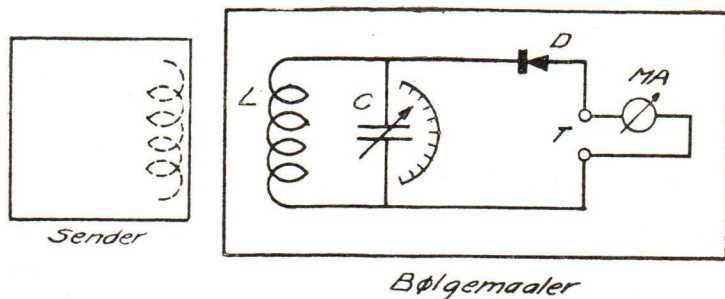


Fig. 24.

denne Svingningskreds afstemmes til samme Bølgelængde som Senderen, faar man her de kraftigst mulige Strømme, og det gælder altsaa blot om at paavise, ved hvilken Kondensatorstilling, man faar de maksimale Strømme eller Spændinger. Dette paavises lettest ved det viste Detektorkredsløb, hvor en Krystaldetektor D ensretter de højfrekvente Strømme, saaledes at de kan paavises af et fintmærkende Jævnstrømsinstrument MA. Fremgangsmaaden ved Bølgemaalerens Benyttelse er altsaa blot denne, at man kobler Bølgemaaleren løst til Senderen og derefter drejer langsomt paa Kondensatoren C's Haandgreb, indtil Milliamperemeteret MA viser det største Udslag. Kondensatorens Viser vil da direkte paa Skalaen vise Senderens Bølgelængde. Hvis Kondensatorskalaen kun er inddelt i Grader, vil der til Bølgemaaleren høre et Sæt Kurver, der viser, hvilke Bølgelængder der svarer til de forskellige Kondensatorindstillinger. Hvis Senderen er en Gnistsender eller en Svingningskreds, hvori der ved Hjælp af en Summer frembringes dæmpede Svingninger, saa kan man erstatte

Jævnstrømsinstrumentet med en Hovedtelefon og blot indstille Kondensatoren saaledes, at man hører den kraftigste Tone i Telefonen. (Se Fig. 18 og Forklaringerne hertil). Endelig kunde man indskyde et Varmetraadsamperemeter i selve Svingningskredsen, saaledes som det er vist tidligere i Fig. 14.

Skal man afstemme en Modtager til en bestemt Bølglængde, saa kan man bære sig ad som vist i Fig. 25, hvor Detek-

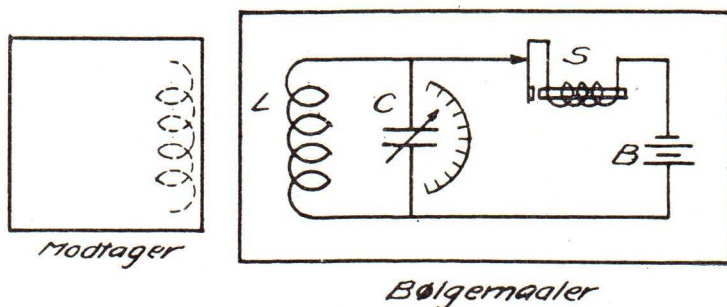


Fig. 25.

toren og Milliampereometeret er erstattet med en Summer S og et Batteri B. Naar Summeren arbejder, frembringes der i Svingningskredsen L—C dæmpede Svingninger med en Bølgelængde, som er afhængig af Kondensatorens Indstilling, og som man derfor kan bestemme forud. Der indstilles nu paa Modtageren, indtil man hører Tonen fra Bølgemaaleren kraftigst muligt, og Modtageren staar da klar til at modtage fra en eller anden fjern Station, som er afstemt til samme Bølgelængde.

Den variable Kondensator C er altid fast indbygget i Bølgemaaleren, hvorimod Spolen L som Regel kan udskiftes med andre større eller mindre Spoler. Herved kan man opnaa et meget stort Bølgeomraade for Bølgemaaleren. Med en enkelt Spole kan man aldrig opnaa mere end et ret begrænset Bølgeomraade. Bølgelængdeformlen $\lambda = 2 \pi \sqrt{L \cdot C}$ giver os den største Bølgelængde, naar Kondensatoren er stillet paa største Kapacitet, men er Kondensatoren stillet paa Nul, saa har den dog endnu nogen Kapacitet, ligesom der ogsaa altid

vil være en vis Kapacitet mellem Spolens enkelte Vindinger, og man vil derfor aldrig med en enkelt Spole kunne komme længere ned i Bølgelængde, end til c. en Trediedel af den maksimale Bølgelængde. Til en Bølgemaalder benyttes derfor Spoler, hvor man eksempelvis med den første kan opnaa et Bølgeomraade fra 80 til 240 m, med den anden fra 200 til 600 m, med den tredje fra 500 til 1500 m o. s. v. Disse Spoler kan ogsaa være indbygget fast i Bølgemaalderen og kan da ved Hjælp af en Omskifter efterhaanden tilsluttes Kondensatoren. For hver ny Spole, som benyttes, maa Kondensatoren da have en tilsvarende inddelt Bølgelængdeskala, eller ogsaa maa man have en særlig Kurve som foran omtalt.

Da en Bølgemaalder næsten altid er indrettet til Afstemning af saavel Modtagere som Sendere, findes baade Batteri, Summer og Detektor anbragt paa Apparatet, og man kan da med en enkelt Omskifter efter Behag enten tilslutte Batteri og Summer til Svingningskredsen eller Detektor og Telefon.

Principskemaet for en saadan Bølgemaalder er vist i Fig. 26, hvor O er Omskifteren, D Detektor og S Summeren.

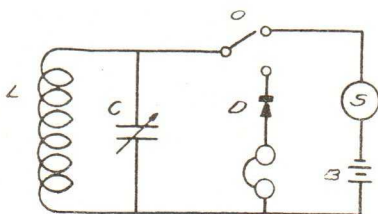


Fig. 26.

Endelig skal det omtales, at man ofte kun lader Summerstrømmen gennemløbe et mindre Antal af Spolens Vindinger, for at undgaa, at Summer og Element ved Tilkobling til Svingningskredsen skal ændre dennes Afstemning nævneværdigt. Ligeledes kan man ved en lille ekstra Spole koble Detektor-kredsløbet løst til Svingningskredsen, hvorved man helt undgaar direkte Sammenhæng med den deraf følgende stærke Dæmpning.

Fig. 27 viser en Bølgemaalder fra Schrack i Wien. Til venstre ses Haandtaget for den variable Kondensator og Bølgelængdeskalaen. Derefter kommer Haandtag for en Omskifter, hvorved man kan benytte Bølgemaalderen for ialt 6 forskellige Bølgeomraader. Det samlede Maaleomraade bliver da fra c. 200 m til c. 30 000 m. Midt i Bølgemaalderen ses Krystaldetektoren og længst til højre et lille fintmærkende Galvanometer. Alle Spoler er indbyggede, og Kobling til Sender eller Modtager foregaar da simpelthen ved at anbringe hele Bølgemaal-

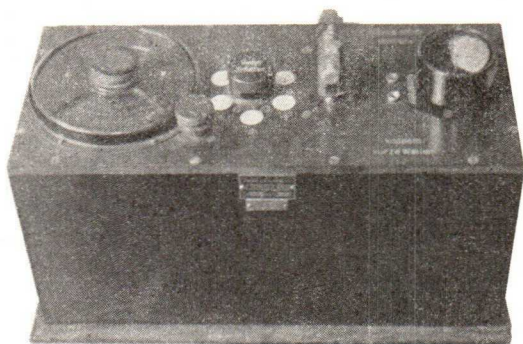


Fig. 27.

ren i Nærheden. Imellem Detektor og Galvanometer ses to Kontaktbøsninger, der er beregnet for Summertilslutning. Galvanometeret sidder med Kontaktben i lignende Bøsninger, saaledes at det let kan fjernes og erstattes med en Hovedtelefon.

Principper for Sending og Modtagning.

17. I store Træk kan man kort skitsere Princippet for traadløs Sending og Modtagning saaledes: I Senderen forvandles forhaandenværende Energi til elektriske Svingninger med højt Periodetal. Disse Svingninger lader man forløbe i Antennen, et Luftledningsnet af forholdsvis stor Udstrækning, og herfra udstraaler Energien som elektromagnetiske Bølger med Lysets

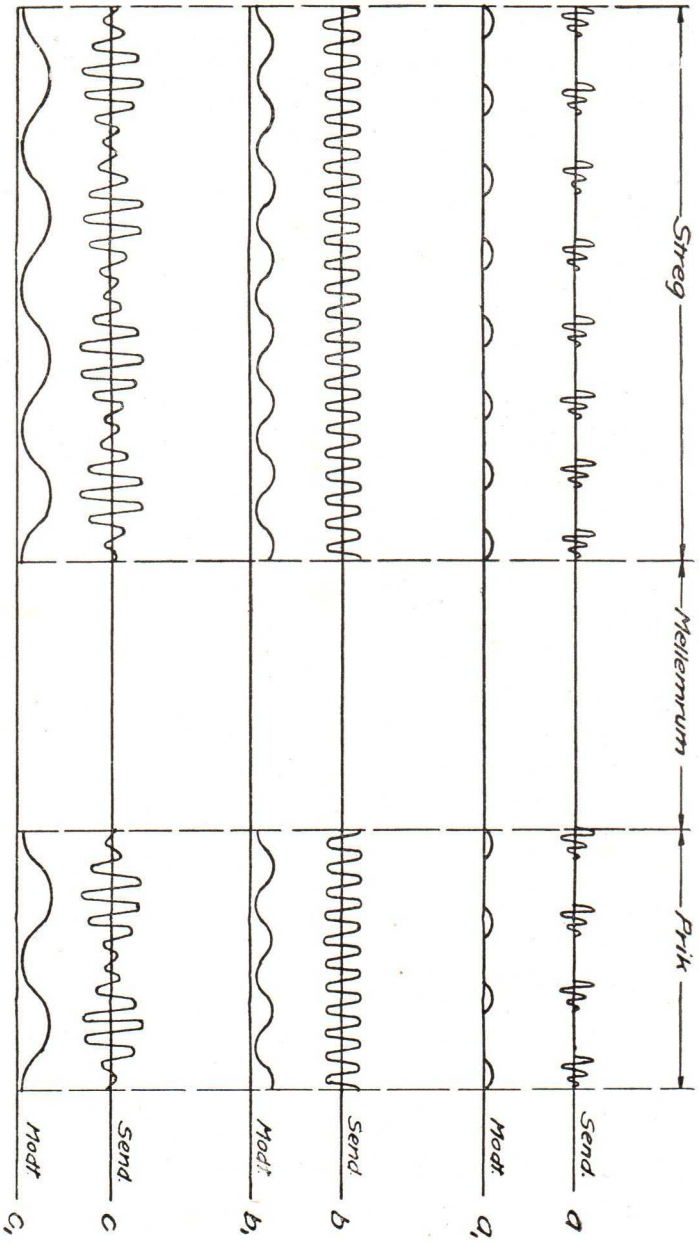


Fig. 28.

Hastighed. Naar Bølgerne naar Modtagerens Antenne, fremkalder de her svage elektriske Svingninger, *som er ganske ligedannede med Senderantennens Svingninger*, og i Modtageren paavises derefter Svingningerne ved passende Midler.

I Praksis udsendes de traadløse Signaler enten som Telegrafi eller Telefoni, og Telegrafien kan igen sendes paa forskellige Maader, som intet har med Tegngivningen at gøre.

Idet vi forudsætter, at Tegngivningen foregaar efter det gængse Morsesystem, skal vi i Fig. 28 vise de forskellige Metoder, som anvendes ved Sending.

I Figuren viser *a* en Række dæmpede Svingninger, som de frembringes af en Gnistsender. Hvert Tegn bestaar af en Mængde dæmpede Svingningstog, som vil optræde paa ganske tilsvarende Maade i Modtagerens Antenne. Da disse Svingninger ikke direkte kan høres i en Hovedtelefon, omdannes de til de i a_1 viste kortvarige Strømstød, som ved at passere Telefonen sætter dennes Membran i hørlige Svingninger.

Ved Sending med kontinuerlige Svingninger, som vist i *b*, maa disse fuldstændig omformes i Modtageren til den i b_1 viste pulserende Jævnstrøm, som kan give en ren, hørlig Tone i Hovedtelefonen. Hvordan denne Omformning foregaar, skal vi se nærmere paa nedenfor.

I *c* vises Sending med modulerede kontinuerlige Svingninger, der frembringes ved lignende Anordninger, men som afviger derfra ved periodisk at stige og aftage i Styrke. I Modtageren omdannes disse Svingninger til den langsomt pulserende Jævnstrøm c_1 , der kan høres i Hovedtelefonen.

Angaaende Omdannelsen i Modtageren af de dæmpede Svingninger (*a* til a_1), saa er denne Omdannelse, der sker ved simpel Ensretning af de højfrekvente Vekselstrømme, allerede vist i Fig. 18 og beskrevet der.

Hvis man derimod vilde ensrette de kontinuerlige Svingninger, som er vist i *b*, vilde man blot faa en ren Jævnstrøm, der vel var i Stand til at tiltrække Telefonens Membran, men ikke til at sætte den i hørlige Svingninger. Man vilde i saa Tilfælde kun høre et skarpt Knæk i Telefonen ved Tegnets

Begyndelse og Slutning. For at gøre disse kontinuerlige Svingninger hørlige, frembringer man i eller ved Modtageren andre kontinuerlige Svingninger med omtrent samme Frekvens som de modtagne Svingninger. Naar disse to Svingninger med lidt forskellig Frekvens indvirker paa samme Svingningskreds, saa opstaar der i denne en ny Række Svingninger, der skiftevis tiltager og aftager i Styrke.

I Fig. 29 forestiller A og B de to højfrequente Strømme. Man ser, at B's Bølgelængde er en ganske lille Smule større end A's.

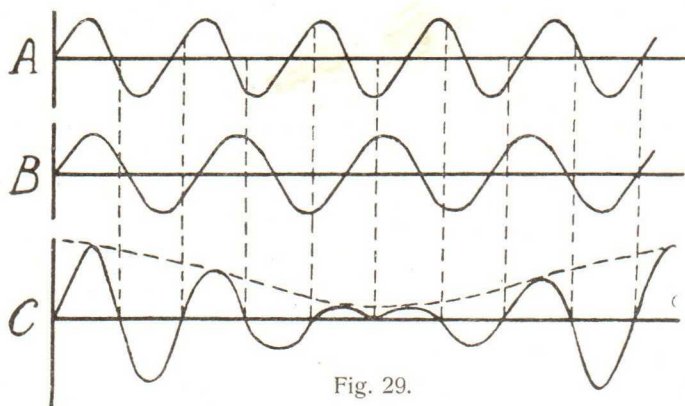


Fig. 29.

Hvis man nu adderer disse to Kurvers Ordinater Punkt for Punkt, kommer man til Kurven C, der som man ser har omtrent samme Bølgelængde som Kurverne A og B; men i den nye Kurve C aftager og tiltager Amplituderne periodisk. Det er let at indse, at Resultatet maa blive som vist, idet man ved Kurvernes Begyndelsespunkt ser, at A og B's Amplituder har samme Retning og derfor understøtter hinanden, medens Amplituderne efter henholdsvis 2 og $2\frac{1}{2}$ Periodes Forløb modarbejder hinanden.

Fænomenet er ogsaa kendt fra Lydlæren. Stryger man paa en Violin samtidig to dybe Toner, som ligger meget nær hinanden, hører man i den resulterende Tone en Række „Stød“. Det er i Virkeligheden Lydstyrken, der stiger og falder i Perioder.

I Radioteknikken siger man, at Svingningen C er tilvejebragt ved *Interferens* mellem Svingningerne A og B. Metoden kaldes Heterodynmetoden eller Stødmetoden, og den lille Hjælpegenerator, der fremkalder Hjælpefrekvensen B, kaldes ofte for en „Heterodyn“.

Kaldes Frekvensen for Kurve A f_1 og for B f_2 , saa vil Stødfrekvensen F, d. v. s. den langsomme eller lave Frekvens, hvorefter Amplituderne i C varierer, — altsaa Frekvensen for den punkterede Kurve i C — altid være $f_1 \div f_2$.

Har altsaa de modtagne Svingninger som forudsat Frekvensen f_1 og giver Hjælpegeneratoren Frekvensen f_2 , saa hører man i Hovedtelefonen efter Ensretning — f. Eks. med Krystal — en Tone med Frekvensen F, bestemt ved

$$F = f_1 \div f_2.$$

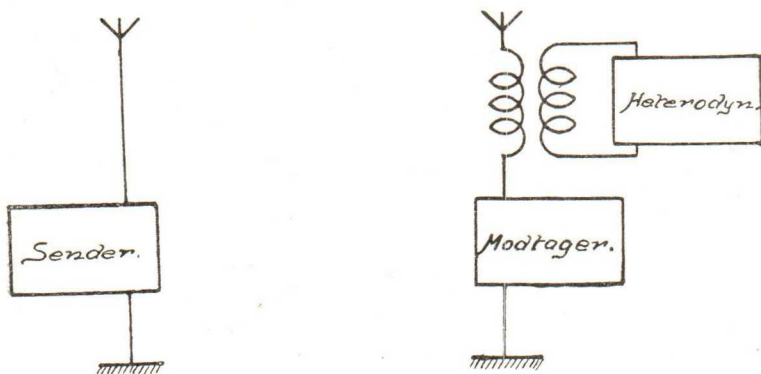


Fig. 30.

I Fig. 30 er skitseret Princippet for Modtagning af kontinuerlige Bølger. Man ser den lille Hjælpegenerator (Heterodyn), hvis Svingninger ved Kobling til Antennen sammen med de modtagne Svingninger overføres til Modtageren. Varierer man Heterodynnens Frekvens f_2 , vil ogsaa Stødtonen F blive varieret, saaledes at man efter Behag kan modtage Signalerne med en hvilken som helst Tonehøjde.

Naar man sender Telegrafi med modulerede kontinuerlige Svingninger som vist i Fig. 28 c, kan man til Modtagning be-

nytte en almindelig Krystalmodtager. Man faar da en pulse-
rende Jævnstrøm i Hovedtelefonen, d. v. s. en ensrettet Strøm,
som stiger i Styrke, naar de højfrekvente Svingninger bliver
kraftigere, og falder i Styrke, naar Svingningerne aftager.
Telefonmembranen bliver da sat i lavfrekvente Svingninger,
og man hører en ren Tone.

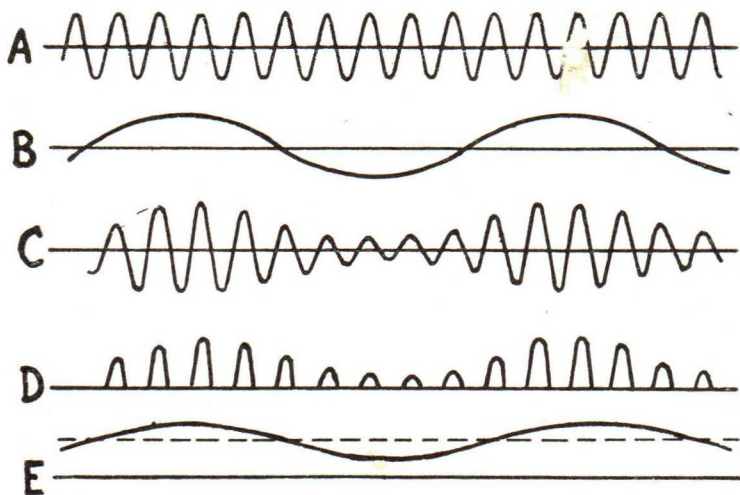


Fig. 31.

I Fig. 31 er A de kontinuerlige Svingninger, som en Sender
(Lampesender) frembringer. B er en lavfrekvent Vekselstrøm,
som man lader indvirke paa Senderen paa en saadan Maade,
at de højfrekvente Svingninger nu faar det Forløb, som er
vist i C. I Modtagerantennen faar vi nu Svingninger af gan-
ske samme Art som i C, og har man nu en Krystaldetektor og
Telefon forbundet som tidligere vist til Antennekredsen, saa
kan kun hver anden Halvperiode passere Detektoren, og
Strømmen efter denne skulde derfor blive som vist i D, en
Række hurtige Strømstød med varierende Styrke, men paa
Grund af Telefonens store Selvinduktion og eventuelt tilstede-
værende Kapaciteter udglattes disse Strømstød til en lang-
somt pulserende Jævnstrøm, som vist i E. Man ser, at denne

Strøm er ganske ligedannet med Modulationsstrømmen B, saa hvis denne har en Frekvens paa f. Eks. 400, saa vil man i Modtagerens Telefon høre en Tone med samme Periodetal.

Telegrafering efter denne Metode kaldes ofte Telegrafi med „tonic train“, eller Summertelegrafi.

Vi har i Virkeligheden her ogsaa Princippet for traadløs Telefoni. Hvis nemlig B er den lavfrekvente Strøm, som frembringes af en Mikrofon, hvori der tales, vil Strømmen E i Hovedtelefonen nøjagtigt gengive Talen.

Man kan altsaa fastslaa, at rent principielt kan Telegrafi med dæmpede Svingninger, Telegrafi med modulerede kontinuerlige Svingninger og Telefoni modtages paa en Modtager med en simpel Detektor eller Ensretter. Derimod kræver Modtagning af rene kontinuerlige Bølger særlige Hjælpe-midler, som f. Eks. en Heterodyn.

Krystalmodtagere.

18. Til Modtagning af Radio Telefoni og som foran nævnt visse Former af Telegrafi er en Krystalmodtager under gunstige Forhold meget anvendelig. En saadan Modtager arbejder kun med den Energi, som den modtager fra Antennen, og da denne Energi ved store Afstande mellem Sender og Modtager kan blive meget ringe, forstaar man let, at Krystalmodtageren kun er anvendelig ved traadløs Telegrafi eller Telefoni over kortere Afstande. Rækkevidden bliver dog ikke helt ringe, naar der anvendes meget store Antenner, som kan optage en betydelig Energimængde fra de omgivende Bølger.

I Fig. 32 er vist en almindelig Krystalmodtager. Mellem Antenne og Jord er indskudt Svingningskredsen C_1 —L, der kan afstemmes med den variable Kondensator C_1 . Ved Modtagning fra f. Eks. en Gnistsender afstemmes Svingningskredsen til Resonans med Senderens Frekvens, og de svage højfrekvente Impulser, som Bølgerne inducerer i Antennen, vil da

oparbejde de kraftigst mulige Strømme i Svingningskredsen. Mellem Punkterne a og b faas da forholdsvis kraftige højfrekvente Vekselspændinger, som søger at sende en højfrekvent Strøm gennem Detektor og Telefon, men som tidligere vist ensrettes nu Strømmen i Detektoren og giver lavfrekvente Impulser til Hovedtelefonen. Antenneafstemningen kunde ogsaa være foretaget som vist i Fig. 33, hvor den variable Kondensator er anbragt i Serie med Spolen.

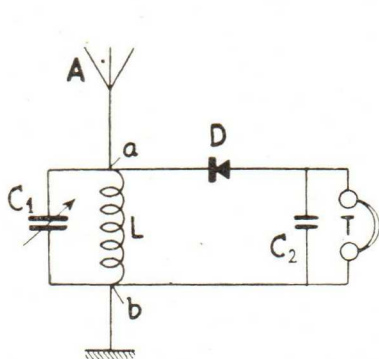


Fig. 32.

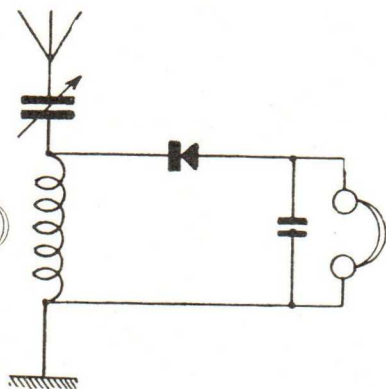


Fig. 33.

Paa Grund af den Dæmpning, som Krystal og Telefon forårsager, er Krystalmodtagerens Resonanskurve meget flad. Dette kommer naturligvis af, at Krystal og Telefon forbruger en stor Del af Svingningskredsens Energi og derfor virker som en betydelig Afledning over Kondensatoren. Følgelig kan man vanskeligt med en saadan Modtager undgaa forstyrrende Signaler fra andre Stationer.

Skal man f. Eks. modtage fra den ene af to lige kraftige Senderstationer, der ikke ligger ret langt fra hinanden i Bølglængde, saa vil man, selv om man omhyggeligt har stemt ind paa den ene Station og faaet den saa kraftig som mulig, dog stadig kunne høre den anden med generende Lydstyrke. Modtageren er altsaa lidet selektiv, idet den har svært ved kun at modtage et snævert Bølgeomraade. Selektiviteten kan dog for-

øges noget ved Indførelse af Mellemkreds, som vist i Fig. 34. Her afstemmes Antennekredsen $C_1 L_1$ for sig, og med en passende variabel Kobling til Svingningskredsen $C_2 L_2$ kan man praktisk talt fordoble Selektiviteten, uden at Signalstyrken svækkes kendeligt.

Den i Fig. 32 eller 33 viste Telefonkondensator er ikke absolut nødvendig, idet der i Telefonsnøren og i Telefonens Magnetvikling findes tilstrækkelig Kapacitet til Opnaelse af en passende Udglatning af de ensrettede Strømstød.

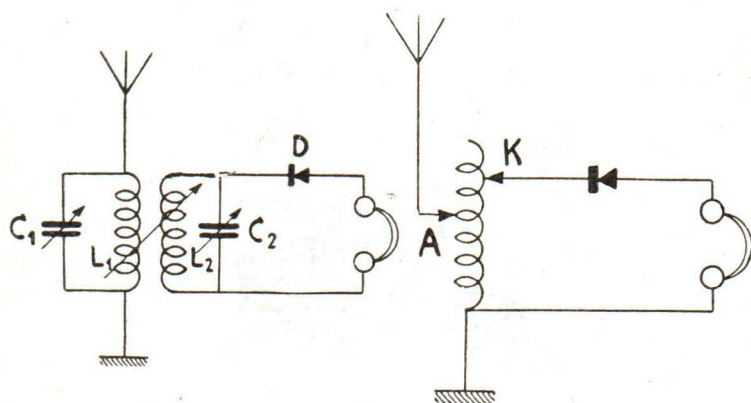


Fig. 34.

Fig. 35.

Paa Grund af Krystalmodtagerens naturlige ringe Selektivitet er det ikke nødvendigt at benytte en variabel Kondensator til Afstemning. Man kan blot benytte en Spole med Aftrapninger for Antennen, saaledes som vist i Fig. 35. Er Spolen en Etlagsspole, hvor Trådenes Isolation er fjernet paa Spolens Yderside langs en ret Linie, saa kan man let med Skydekontakter ændre Aftrapningerne med een Vinding ad Gangen, hvorved Afstemningen ændres i passende smaa Spring. I Fig. 35 er A Antennens Skydekontakt, hvormed Afstemningen foretages. K er en anden Skydekontakt, hvormed man kan ændre Størrelsen af de højfrequente Spændinger, som Krystallen udsættes for. Det er umiddelbart indlysende, at jo længere Skyderen K føres op mod Spolens Ende, desto

højere bliver Spændingen paa Krystallen, men samtidig virker ogsaa Telefon- og Detektorkredsens Belastning kraftigere ind paa Antennekredsen, saa Selektiviteten formindskes. Paa den anden Side opnaar man forøget Selektivitet, men svagere Signaler, naar Kontakten K føres nedefter.

En almindelig Form for en Krystalmodtager er vist i Fig. 36. Til Modtageren benyttes udskiftelige Spoler anbragt ud-

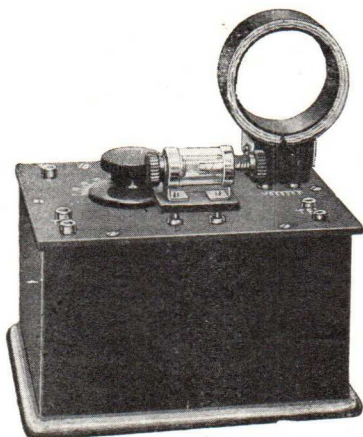


Fig. 36.

vendigt paa Ebonitpladen. Man ser her ligeledes Krystaldektoren, Haandtaget for Drejekondensatoren og Metalbøsninger for Tilslutning af Antenne, Jord og Telefoner.

19. Som foran omtalt under Detektorer kræver Karborundumkrystaller en lille Hjælpespænding for at kunne virke tilfredsstillende. I Fig. 37 er vist en Modtager med Karborundumkrystal D, som faar sin Hjælpespænding fra Batteriet B med Potentiometer P. Som Regel vil et Batteri paa 3 Volt — altsaa bestaaende af to enkelte Tørelementer — være tilstrækkeligt. Potentiometret P bør have en stor Modstand, c. 1000 Ohm eller mere, for at det ikke for hurtigt skal udlade Batteriet.

I Fig. 37 er endvidere vist et Afstemningssystem af en hel anden Art end de tidligere omtalte. Antennespolen S er her tildannet som en lang Etlagsspole uden Aftrapninger. Et Metalrør R kan skydes mere eller mindre ind over Spolen, og Røret maa helst være forbundet til Jord og skydes ind over Spolen fra Jordsiden.

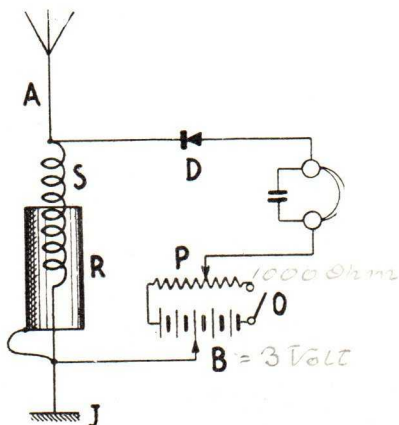


Fig. 37.

Hvis Røret slutter nogenlunde tæt til Spolen, vil dennes, af Røret omslutede, Del være praktisk talt uden Selvinduktion, idet Vekselstrømmene i Spolen inducerer saa kraftige — og modsat rettede — Strømme i Metalrøret, at det samlede magnetiske Felt, frembragt af Spole og Rør, bliver omtrent Nul. Man kan derfor variere Spolens Selvinduktion ganske kontinuerligt ved at skyde Røret mere eller mindre ind over Spolen.

20. Naturligvis opstaar der elektriske Tab i Røret paa Grund af den forholdsvis kraftige Strøm, der gaar her, men disse Tal kan blive ganske smaa — praktisk talt forsvindende, naar blot den elektriske Modstand i Kobberøret er tilstrækkelig lille. Hvis Røret omslutter n Vindinger, og Strømmen i Spolen er I Ampere, saa bliver Strømmen i Røret med Tiinær-

melse $(n \times I)$ Ampere. Wattabet i Røret bliver da

$$W = R \times (n \times I)^2,$$

hvor R er den Modstand, man vilde maale ved at skære Røret op langs en Frembringer og derefter bestemme Modstanden mellem de to Snitflader. Man ser, at man for at faa Tabet lille, bør vælge Kobberrør med tykke Vægge. Naar Røret er jordforbundet, kan det berøres uden at Afstemningen ændres.

Audionlampen.

Elektricitet og Stof.

21. I en Audionlampe tilvejebringer man en elektrisk Strøm i det lufttomme Rum mellem Glødetraad og Plade. For at forstaa, hvorledes dette er muligt, vil vi se lidt nærmere paa Elektricitetens og Stoffets Natur, hvortil man i de sidste Aartier har faaet et betydeligt Kendskab, takket være en Række kendte Videnskabsmænd, som har beskæftiget sig særligt hermed og hver bidraget sit til at udvikle den saakaldte Elektroteori. Blandt alle de Videnskabsmænd, som har udført betydningsfulde Arbejder paa dette Omraade, indtager Danskeren, Professor N. Bohr en fremragende Plads.

Elektronteorien, der for en stor Dels Vedkommende ikke alene er Teori, men Kendsgerninger, gaar blandt andet ud paa følgende:

Alle Stoffer er opbygget af Atomer, der indenfor det samme Grundstof er fuldstændig ens, medens de for forskellige Grundstoffer er uens sammensat og har forskellige Egenskaber. Alle Atomer er overordentlig smaa; det er f. Eks. ganske umuligt at se dem, selv i de stærkeste Mikroskoper; og dog har de en stærkt sammensat Bygning, der i mangt og meget minder om vort Solsystem med de mange Planeter, kredsende omkring Solen. Svarende til Solen har saaledes Atomet en positiv elektrisk Kerne, *Atomkernen*, af næsten ufatteligt

smaa Dimensioner; og udenom denne Kerne kredser i lukkede Baner een eller flere, endnu mindre Partikler, *Elektronerne*, der maa opfattes som ganske smaa negative Elektricitetsladninger. Alle Elektroner er ganske ens, uanset hvilket Grundstof de tilhører; men det Antal Elektroner, der er knyttet til et Atom, er forskelligt for alle Grundstofferne og er bestemmende for Stoffernes fysiske og kemiske Egenskaber. I Almindelighed gælder dog den Regel, at der til Atomet er knyttet saa mange Elektroner, at deres samlede negative Elektricitetsmængde netop er lig den positive Elektricitetsmængde i Atomkernen.

Da der nu under normale Forhold findes lige store positive og negative Elektricitetsmængder i et Atom, vil de positive og de negative elektrostatiske Felter i nogen Afstand fra Atomet neutralisere hinanden, saa at deres samlede Virkning udenfor Atomet — i alle Tilfælde i større Afstande derfra — er Nul.

Den Elektricitetsmængde, som indeholdes i en enkelt Elektron, det saakaldte Elementarkvantum, er c. $4,8 \times 10^{-10}$ elektrostatiske Enheder eller c. $1,6 \times 10^{-19}$ Coulomb, og Elektronens Masse er ca. 9×10^{-28} Gram.

Fig. 38 viser et Fantasibillede af et Atom. I Midten ses den positive Atomkerne, og udenom denne kredser 6 Elektroner i Baner, der er antydet ved de punkterende Kurver.

Elektronerne kan godt eksistere selvstændigt uden at være knyttet til et Atom. Oplader man saaledes en isoleret Metalstang med negativ Elektricitet, saa betyder dette, at man har tilført Stangen en Mængde frie Elektroner, der antagelig befinder sig i uafbrudt Bevægelse i Mellemrummene mellem Atomerne. Det maa her erindres, at selv om den indbyrdes Afstand mellem Elektronerne er lille, saa er den dog umaadelig stor i Forhold til Elektronernes Størrelse, ligesom ogsaa Afstanden mellem Atomkerne og Elektroner indenfor samme Atom er overordentlig stor i Sammenligning med Størrelsen af et enkelt Elektron.

Det er ligeledes muligt at fjerne en eller flere Elektroner fra et Atom, som derved kommer til at optræde med Overskud

af positiv Elektricitet og kaldes en *Ion*. Hvis en saadan Ion kommer i Nærheden af frie Elektroner, vil den søge at indfange saa mange af disse, at den atter bliver til et neutralt Atom. Selve Grundstoffet forandrer ikke sine fysiske Egenskaber, fordi dets Atomer berøves Elektroner.

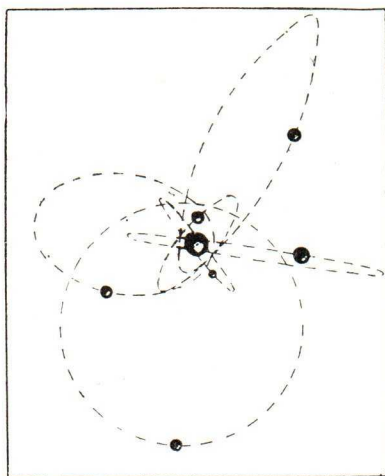


Fig. 38.

Hvis et Antal Elektroner bevæger sig i samme Retning i en Leder, betyder dette, at der gaar en elektrisk Strøm i Lederen, idet Elektronerne jo repræsenterer en vis negativ Elektricitetsmængde i Bevægelse. Da man ifølge gammel Praksis altid regner Strømretningen som den, hvori den positive Elektricitet bevæger sig, saa er Strømretningen altsaa den modsatte af Elektronernes Bevægelsesretning.

Alle glødende Stoffer udsender flere eller færre frie Elektroner. Disse Elektroner farer ud fra den glødende Overflade med forholdsvis ringe Hastighed, og hvis Processen foregaar i et luftfyldt Rum, vil Elektronerne hurtigt afbøjes fra deres Bane og bremses op ved Sammenstød med Luftmolekylerne og for en stor Del vende tilbage til den glødende Overflade.

I Audionlamper og andre Udladningsrør søger man at frem-

bringe et lufttomt Rum for at skaffe Elektronerne fri Bane mellem Elektroderne, men selv ved den allerbedste Udpumpning, bliver der dog en Del Molekyler tilbage, som kan bremse nogle Elektroner i deres Fart. I saadanne Lamper gaar Strømmen gennem det tomme Rum som Elektroner, der udslynges fra den glødende Katode (Glødetraadene) og opfanges af den kolde Anode (Pladen).

Fra Glødetraaden i en Audionlampe udslynges et bestemt Antal Elektroner i hvert Sekund ved en bestemt Temperatur. Gøres Glødetraadens Temperatur højere, saa stiger Elektronemissionen, men af Hensyn til Lampens Levetid er der Grænser for, hvor højt man kan gaa med Temperaturen. Elektronemissionen er naturligvis ogsaa afhængig af Størrelsen af Glødetraadens Overflade og navnlig af Glødetraadmaterialet. Medens en Wolfram Glødetraad skal have en meget høj Temperatur for at give en nogenlunde stor Emission, kan den samme Traad, dækket med et ganske tyndt Lag af Kalcium- eller Bariumilte, eller paa passende Maade legeret med Torium, give en betydelig Emission ved en langt lavere Temperatur. I tidligere Tid var næsten alle Audionlamper forsynet med Wolframtraad eller en lignende Traad, som krævede en meget høj Temperatur, og som derfor var klartlysende. Nu er næsten alle Modtagerlamper forsynet med Torium- eller Oxydtraad, som kræver langt mindre Glødestrøm end Wolframlamperne.

Ensretterlampen.

22. I Aaret 1904 opfandt Fleming den første Detektorlampe for Radiobølger, en Lampe, der foruden Glødetraaden ogsaa havde en kold Elektrode, Pladen eller Anoden, indsmeltet i Glaspæren. Allerede længe forinden havde Edison opdaget, at man i en saadan Lampe kunde sende en elektrisk Strøm fra Plade til Glødetraad, men ikke den modsatte Vej. Vi forstaar nu, at Grunden hertil er den, at kun den varme Glødetraad kan udslynge Elektroner, som kan føre nega-

tiv Elektricitet over til Pladen, medens denne ikke saa let kan udsende elektriske Partikler. Hvis man derfor som i Fig. 39 fra en Vekselstrømsgenerator G søger at sende Strøm gennem Lampen E med Plade P og Glødetraad F, saa vil Lampen kun tillade Strømmen at passere, hver Gang Pladen er positiv og tiltrækker Elektronerne, medens den fuldstændig

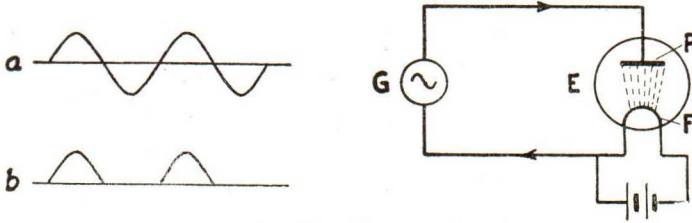


Fig. 39.

spærrer af for Strømmen, naar Pladen er negativ. Forestiller saaledes Kurven a Vekselstrømsgeneratorens Spænding, viser Kurvestykkerne b de Strømslød, man vil faa i Kredsløbet i Stedet for en ren Vekselstrøm.

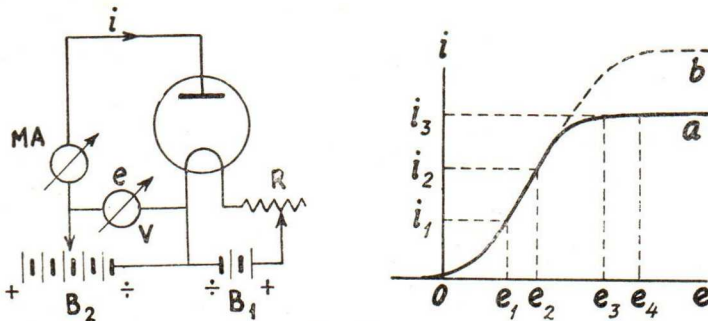


Fig. 40.

I Fig. 40 er vist en Opstilling, hvormed Lampens Egenskaber kan undersøges. Batteriet B_1 leverer Glødestrømmen, som kan reguleres med Modstanden R , og Batteriet B_2 sender Strøm gennem Lampen. Milliampemetret MA maaler Anodestrømmen i gennem Lampen, og Voltmetret V viser Spændingen e mellem Plade og Glødetraad. Denne Spænding kan iøv-

rigt varieres ved at udskyde et mindre eller større Stykke af Batteriet B_2 , og hvis man gør dette og samtidig aflæser de forskellige tilsvarende Strømstyrker i , saa kan man komme til Kurven a i Fig. 40 ved at afsætte Anodestrømmen i som Ordinat og Spændingen e som Abscisse. Af Kurven ses det, at selv ved Spændingen Nul faas en ganske svag Strøm gennem Lampen. Spændingen e_1 giver Strømmen i_1 o. s. v., og for det retliniede Stykke af Kurven vokser Strømstyrken proportionalt med Spændingen. Spændingerne e_3 og e_4 giver samme Strømstyrke i_3 , og det ses af Kurven, at Strømstyrken ikke kan blive højere. Hvis man imidlertid regulerer Lampens Glødestrøm op, saa Glødetraaden faar en højere Temperatur, vil det vise sig, at Kurven naar højere op og f. Eks. fortsættes i det punkterede Kurvestykke b , der viser, at man nu kan drive en stærkere Strøm gennem Lampen.

Forklaringen herpaa er, at Glødetraaden ved en bestemt Temperatur udsender et ganske bestemt Antal Elektroner i hvert Sekund uanset Pladens Spænding. Har Pladen samme Spænding som Glødetraaden, vil kun ganske faa Elektroner naa over til Pladen; nogle vil maaske et kort Øjeblik svæve i Rummet mellem Plade og Glødetraad, og mange andre vil af disse sidste blive frastødt og slynget ind paa Glødetraaden igen. Bliver Pladen nu positiv elektrisk (i Forhold til Glødetraaden), vil den tiltrække de negative Elektroner, hvorved Strømstyrken gennem Lampen stiger. Jo mere positiv Pladen bliver, desto flere Elektroner indfanger den, indtil den har faaet saa høj en positiv Spænding, at den indfanger alle de Elektroner, Glødetraaden udsender. Saa kan Strømmen gennem Lampen ikke blive stærkere, for selv en meget høj positiv Pladespænding kan ikke faa Glødetraaden til at udsende flere Elektroner pr. Sekund, end det Antal, der er bestemt ved dens Temperatur. Hvis man derimod forhøjer Traadens Temperatur ved at give den stærkere Glødestrøm, saa stiger Elektronemissionen og dermed Strømmen gennem Lampen (Kurvestykket b).

Da man kun kan sende Strøm gennem Lampen i een Ret-

ning, er Lampen udmærket egnet som Detektor og kan f. Eks. erstatte Krystaldektoren i en Modtager. Fig. 41 viser en saadan Opstilling, som ganske svarer til en simpel Krystalmodtager. En af de almindelige Audionlamper med 3 Elektroder kan benyttes paa ganske samme Maade, idet Gitteret og Pla-

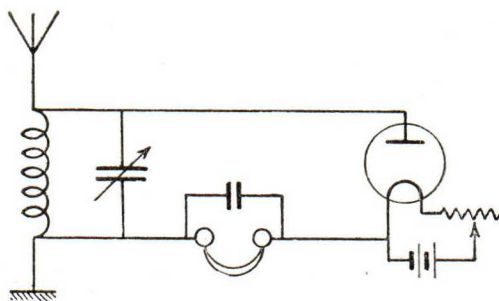


Fig. 41.

den forbindes og tilsammen virker som Anode. Denne Detektor virker naturligvis meget sikkert, men giver ingen Forstærkning og er i denne Henseende altsaa ikke bedre end en god Krystaldektektor.

Tre-Elektrode-Lampen.

23. I Aaret 1906 udførte Østrigeren v. Lieben en Del Forsøg med Udladningsrøret som Telefonrelais, og han indførte i den Anledning en tredie Elektrode, Gitteret i Lampen. Det var imidlertid først nogle Aar senere, at Amerikaneren Lee de Forest opdagede 3-Elektrode Lampens betydningsfulde radiotekniske Egenskaber. Lee de Forest er antagelig den egentlige Opfinder af det, vi nu kender som Lampen med de 3 Elektroder eller Audionlampen, men ogsaa Armstrong og andre Videnskabsmænd har omtrent samtidig opdaget og paapeget Audionlampens vigtigste Egenskaber.

Audionlampen har ligesom Ensretterlampen en Glødetraad, Katoden, og en Plade, Anoden, men desuden har den er tredie Elektrode, Gitteret, der f. Eks. kan være udformet som et fint-masket Traadnet, og som er anbragt saaledes mellem Gløde-

traad og Plade, at hele Elektronstrømmen maa passere Gittermaskerne.

Lampens indre mekaniske Konstruktion kan være meget forskellig for forskellige Lampetyper. I Diagrammer fremstilles den som vist foroven i Fig. 42, hvor G er Gitter, P Plade og F Glødetraad. Nedenunder ses Lampesoklen (set fra neden) med de fire Kontaktben, der har Forbindelse med Lampens Elektroder.

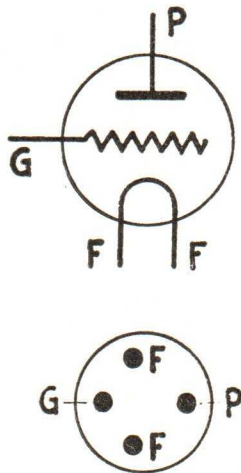


Fig. 42.

Gitteriet har til Opgave at spærre for eller ophjælpe Strømmen mellem Plade og Glødetraad. Under normal Anvendelse har Lampen et Batteri tilsluttet med Pluspolen til Plade og Minuspolen til Glødetraad. Dette Batteri sender en svag Strøm gennem Lampen, en Strøm, der bæres af de fra Glødetraaden udslyngede negative Elektroner, som bliver tiltrukket af den positive Plade. Som det blev omtalt under Ensretterlampen, vil imidlertid ikke alle Elektroner naa over til Pladen; nogle vil bremses op af de faa tilbageværende Luftmolekuler i Lampen, og disse Elektroner vil frastøde andre, der kommer fra Glødetraaden, saa de atter vender tilbage hertil. Der vil altsaa straks opstaa en Tilstand, hvor nogle af Elektronerne fører

Strømmen til Pladen, og andre lægger sig som en negativ elektrisk Sky (Rumladningen) omkring Glødetraaden, og denne Sky bevirker ved sin Frastødning af de ligeledes negative Elektroner, at mange af disse slynges tilbage til Glødetraaden.

Gitteret griber nu ind paa den Plads, hvor Elektronskyen eller Rumladningen virker. Gør man Gitteret passende negativt elektrisk, saa hjælper det til med at frastøde de fra Glødetraaden kommende Elektroner. Herved formindskes Strømmen gennem Lampen og kan eventuelt blive Nul. Ganske vist søger den positive Elektricitet paa Pladen stadig at tiltrække Elektronerne, men da Gitteret er meget nærmere ved Glødetraaden, vil en ringe negativ Gitterspænding frastøde Elektronerne langt mere, end den højere positive Pladespænding, som kun virker paa større Afstand og kun gennem Gittermaskerne, kan tiltrække dem.

Paa den anden Side vil en positiv Gitterspænding paa Grund af den tiltrækkende Virkning paa Elektronerne sætte mere Fart i disse, saaledes at de nu i stort Antal naar over til Pladen, og Strømmen gennem Lampen — Anodestrømmen — forøges da. Med en passende høj positiv Gitterspænding vil denne fuldstændig neutralisere den negative Rumladning, saa alle de fra Glødetraaden kommende Elektroner naar over til Pladen. Man har da opnaaet den størst mulige Strøm gennem Lampen, *Mætningsstrømmen*. Denne Strøm kan ikke forøges ved Hjælp af højere Anode- eller Gitterspænding, men kun ved en Forøgelse af Glødetraadens Temperatur. Hvis imidlertid Spænding eller Strøm forøges ud over de af Fabriken opgivne Værdier, maa man huske, at Lampens Levetid forringes, og at Glødetraaden eventuelt brænder over.

Ved de moderne Lamper, hvor Glødetraaden er legeret eller overtrukket med et særligt elektronafgivende Materiale, kan dette fordampe eller afskalle ved den for høje Temperatur, saaledes at Lampen paa ganske kort Tid bliver ubrugelig.

Audionlampens Karakteristik.

23. For nærmere at undersøge Audionlampens Egenskaber kan man benytte den i Fig. 43 viste Opstilling. Lampen forsynes med Glødestrøm fra Batteriet B_1 og Glødespændingen maales med Voltmetret V_1 . Anodestrømmen, der maales paa Milliampereometret MA_2 , tages fra Anodebatteriet B_2 .

Gitterspændingen leveres af Batteriet B_3 , hvis Midtpunkt er forbundet til Glødetraadens Minusende. Denne Spænding kan ændres i smaa Spring ved at flytte Lampens Gittertilledning L til forskellige Punkter paa Batteriet.

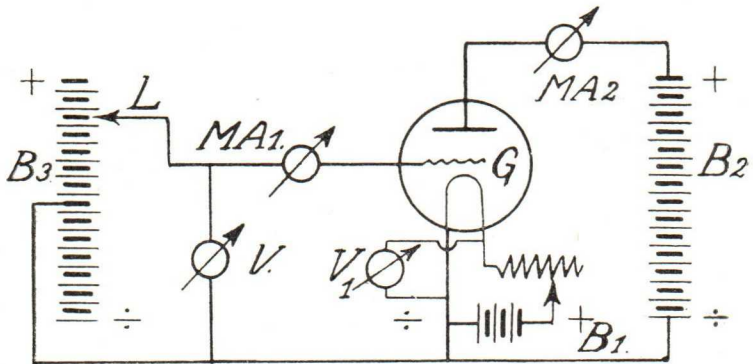


Fig. 43.

Naar Gitteret er positiv elektrisk, virker det naturligvis som Pladen i et Ensretterør og tiltrækker Elektroner, men paa Grund af dets ringe Overflade bliver Gitterstrømmen alligevel kun en lille Brøkdel af Pladestrømmen. Er Gitteret negativt, bliver naturligvis Gitterstrømmen Nul. Spændingen maales med Voltmetret V og Strømmen med Milliampereometret MA_1 .

Vi tænker os nu en Undersøgelse foretaget paa følgende Maade: Glødespænding og Anodespænding indstilles fast paa de fra Lampefabriken opgivne Værdier. Man indstiller nu Gitterspændingen paa en saadan negativ Værdi, at Anodestrømmen netop bliver 0, aflæst paa MA_2 . Derefter varieres Gitter-

spændingen i smaa Spring over Nul og til en passende høj positiv Værdi, idet man for hver Ændring af Gitterspændingen aflæser denne og de tilsvarende Værdier af Gitterstrøm og Anodestrøm.

De sammenhørende Værdier indføres i en Tabel som nærværende.

Gitterspænding Volt	Gitterstrøm Milliampere	Anodestrøm Milliampere
÷ 10	0	0
÷ 8	0	0,05
— 6	0	0,2
— 4	0	0,5
— 2	0	1,2
0	0	1,8
+ 2	0,1	2,4
+ 4	0,2	3,1
—	—	—
—	—	—
—	—	—
+ 10	0,5	5,3
+ 14	0,8	6,7
+ 18	1,0	7,8
+ 22	1,1	8,5
+ 26	1,2	8,8
+ 30	1,2	8,8
+ 34	1,2	8,8

Disse sammenhørende Værdier afsættes nu paa kendt Maade i et Koordinatsystem (Fig. 44), hvor man ud ad Abscisseaksen afsætter positive Gitterspændinger til højre og negative til venstre, medens man op ad Ordinataksen afsætter Inddelinger for Gitter- og Anodestrøm i Milliampere. Det vil da vise sig, at de afsatte Punkter for Gitterspænding — Anode-

strøm bestemmer Kurven A og for Gitterspænding — Gitterstrøm bestemmer Kurven B. De øverste vandrette Stykker paa disse Kurver viser, at man med en Gitterspænding paa c. 25 Volt har naaet Lampens Mætningsstrøm.

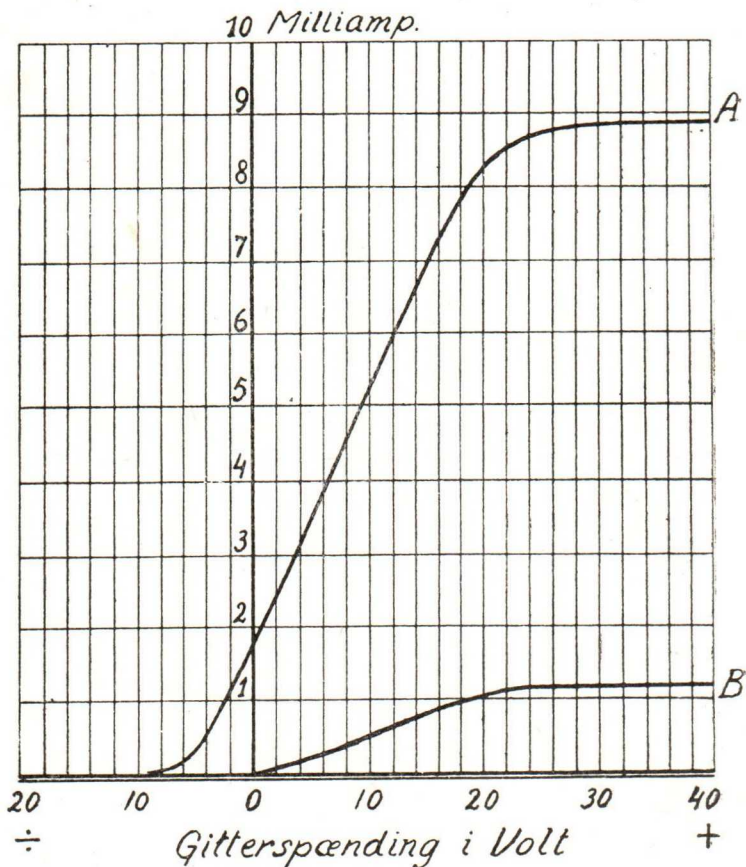


Fig. 44.

Hvis man prøvede at optage disse Kurver (Karakteristikker) igen med noget stærkere Glødestrøm paa Lampen, men igrøvrigt under ganske de samme Forhold som før, vilde de nye Kurver for Størstedelen falde sammen med de gamle, kun vilde de naa lidt højere til Vejrs, før de krummede over i den

vandrette Del. Lampens Egenskaber forbliver altsaa herved i Hovedsagen uforandret, idet kun Mætningsstrømmen forøges.

24. Derimod har det betydelig Interesse at se, hvad der sker, naar Anodespændingen forøges. I Fig. 45 er tegnet 2 Karakteristikker for den samme Lampe. Den ene Karakteristik er optaget ved Anodespænding 60 Volt, og den anden er optaget ved 80 Volt, og man ser, at 80 Volts Kurven er ganske Mage til 60 Volts Kurven, blot er den parallelforskuet et Stykke til venstre.

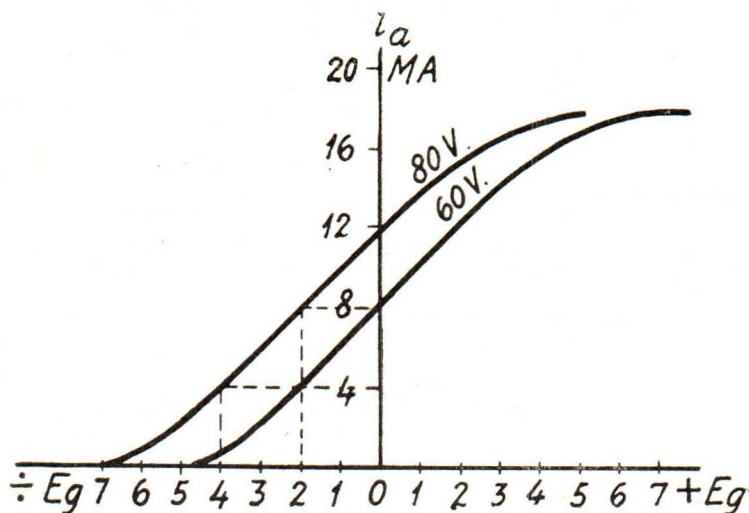


Fig. 45.

Gaar man ind paa Kurverne med 2 Volt negativ Gitterspænding, ser man, at man med 60 Volts Anodespænding faar en Anodestrøm paa 4 Milliampere, medens man med 80 Volts Anodespænding faar en Anodestrøm paa 8 MA. Vil man i sidste Tilfælde ogsaa kun have en Anodestrøm paa 4 MA, saa kan dette ske ved at forhøje den negative Gitterspænding fra $\div 2$ til $\div 4$ Volt.

Heraf ser man, at en Ændring af Gitterspændingen paa 2

Volt har samme Virkning paa Emissionen som en Pladespændingsændring paa 20 Volt. Da Emissionen jo bestemmes af Indvirkningen af Pladens og Gitterets Spænding paa Glødetraaden, saa ser man altsaa, at en Spændingsændring paa Gitteret i dette Tilfælde indvirker 10 Gange saa stærkt paa Glødetraaden, som den tilsvarende Spændingsændring paa Pladen, eller at Pladens Spændingsændringer kun betyder $\frac{1}{10}$ af de samme Gitterspændingsændringer for Pladestrømmen. Man siger, at Lampens Gennemgreb i dette Tilfælde er $\frac{1}{10}$ eller 10 %, og at Lampens Forstærkningsfaktor er 10.

Forstærkningsfaktoren faas altsaa ved at dividere en Anodespændingsændring med den hertil svarende Gitterspændingsændring. De sammenhørende Værdier skal naturligvis findes ved Hjælp af de skraatliggende, retliniede Dele af Kurverne.

Et andet Tal, der hjælper til at karakterisere Lampen, er „Stejlheden“. Denne findes ved at dividere en given Forøgelse af Gitterspændingen op i den tilsvarende Forøgelse af Anodestrømmen (forudsat samme Anodespænding). Af Kurverne i Fig. 45 ses det, at denne Lampes Stejlhed er $\frac{4}{2}$ eller 2 Milliampere pr. Volt.

Endelig skal vi omtale Lampens indre Modstand. Ser vi igen paa Kurverne i Fig. 45, ser vi, at ved Gitterspændingen 0 og 80 Volts Anodespænding er Anodestrømmen 12 Milliampere. Man finder da af Ohms Lov $e = r \times i$;

$$80 = r \times \frac{12}{1000} \text{ altsaa } r = 6666 \text{ Ohm.}$$

Med 60 Volts Anodespænding finder vi imidlertid Anodestrømmen 8 Milliampere og finder deraf: $60 = r \times \frac{8}{1000}$; $r = 7500 \text{ Ohm.}$

Man ser heraf, at Lampens Jævnstrømsmodstand ikke har nogen bestemt Værdi.

Derimod kan man finde en bestemt Velselstrømsmodstand for Lampen paa følgende Maade:

Betragter vi kun det retliniede Stykke af de to Kurver i Fig. 45, saa ses det let, at ligegyldig hvilken Gitterspænding vi vælger, saa vil en Anodespændingsændring fra 60 til 80 Volt

80 = r x 12/1000
 4/1000 = r
 66,66 = r

(altsaa paa 20 Volt) altid give den samme Stigning i Anodestrømmen paa 4 Milliampere. Af Ohms Lov findes da, idet vi kalder Lampens Vekselstrømsmodstand eller Impedans for Z:

$$Z = \frac{20}{\frac{4}{1000}} = 5000.$$

Vi vilde finde akkurat den samme Værdi for Z, selvom vi kun lod Anodespændingen stige 1 Volt og regnede med den deraf fremkomne Anodestrømsforøgelse. *Lampens Impedans er altsaa konstant*, og det er denne Værdi, der har særlig Betydning, naar Lampen benyttes i en Forstærker.

Audionlampen som Forstærker.

25. For at se, hvordan man kan opnaa en Spændingsforstærkning ved Hjælp af Audionlampen, vil vi tænke os en Opstilling som vist i Fig. 46. Den benyttede Lampes Karakteristik,

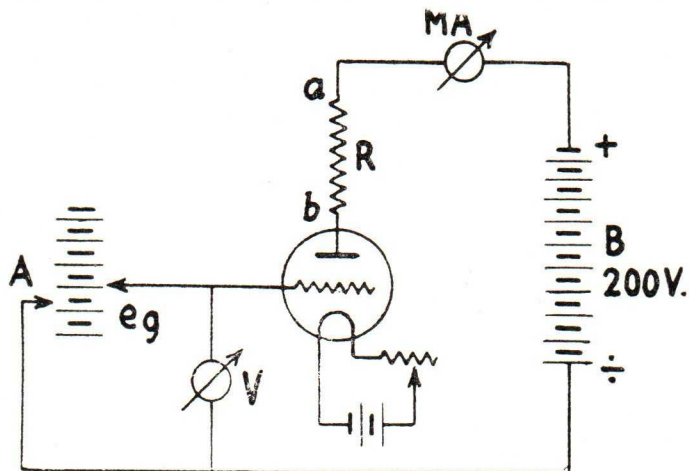


Fig. 46.

optaget paa den tidligere omtalte Maade, er Kurven K_1 i Fig. 47. Kurven er optaget ved 80 Volt og viser, at Anodestrømmen i_a er 12 Milliampere ved Gitterspændingen $e_g = 0$.

Lad os tænke os, at Anodemodstanden R , som vi har indført i Opstillingen i Fig. 46, er paa 10 000 Ohm. For at faa en Strøm paa 12 MA gennem denne Modstand, finder man let af Ohms Lov, at man skal bruge en Spænding paa 120 Volt. Da Lampen selv kræver 80 Volt ved $e_g = 0$, saa maa Batteriet B altsaa ialt give 200 Volt. Med denne Batterispænding og $e_g = 0$ er Lampens Pladespænding altsaa 80 Volt, idet der mellem Endepunkterne a og b af Modstanden R sker et Spændings-tab paa 120 Volt.

Nu sætter vi Gitterspændingen saa langt ned, at Anodestrømmen falder til 10 Milliampere. Spændingstabet over R bliver da 100 Volt maalt fra a til b, og da Batteriet B's Spænding er 200 Volt, bliver der altsaa 100 Volt tilbage til Anodespænding paa Lampen. Lampens Karakteristik ved 100 Volts Anodespænding er Kurven K_2 i Fig. 47, og man ser, at her kræves $e_g = \div 3$ Volt for netop at faa 10 MA gennem Lampen.

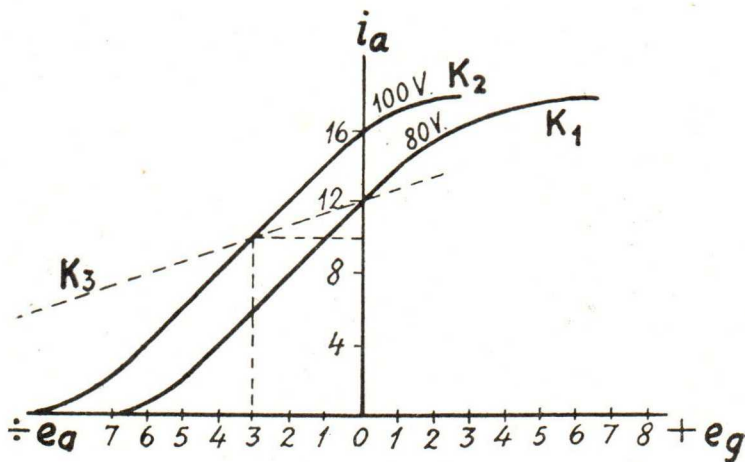


Fig. 47.

Man ser altsaa, at man med den omhandlede Audionlampe faar et Spændingsfald fra a til b paa 120 Volt ved $e_g = 0$, men kun et Spændingsfald paa 100 Volt, naar e_g er $\div 3$ Volt.

Ved at ændre Gitterspændingen 3 Volt faas altsaa en Æn-
 dring af Spændingsfaldet over R paa 20 Volt, og vi har altsaa
 opnaaet en Spændingsforstærkning paa $20/3$ eller omtrent 7
 Gange. Med varierende Gitterspænding vil Anodestrømmen
 altsaa ikke variere efter nogen af Kurverne K_1 eller K_2 , men
 efter den mere vandret liggende punkterede Kurve K_3 , der
 kaldes Opstillingens *dynamiske Karakteristik* eller Arbejds-
 karakteristik til Forskel fra K_1 og K_2 , der kaldes Lampens
statiske Karakteristikker.

Hvis Modstanden R blev gjort endnu større, f. Eks. paa
 20 000 Ohm, saa vilde K_3 forløbe endnu mere vandret, og
 Spændingsforstærkningen vilde blive større. Den størst op-
 naaelige Spændingsforstærkning vilde være lig med Lampens
 Forstærkningsfaktor — i dette Tilfælde 10 —, men hertil vil-
 de kræves en upraktisk høj Modstand R og tilsvarende høj
 Spænding af Batteriet B.

26. En praktisk anvendelig modstandskoblet Forstærker er
 vist i Fig. 48, hvor Vekselspændingerne fra Generatoren Z

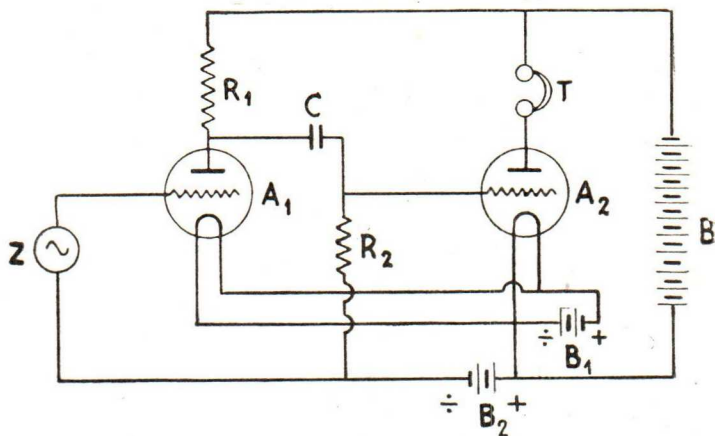


Fig. 48.

modtages forstærkede paa Telefonen T. De allerede i første
 Lampe A_1 forstærkede Spændingsvariationer ledes over Kon-

densatoren C til Lampen A_2 's Gitter, og man faar da over Hovedtelefonens Klemmer en yderligere forstærket Vekselspænding, idet Telefonen T baade frembyder en høj ohmsk og en høj induktiv Modstand. Kondensatoren C er nødvendig, for at man ikke skal faa den høje positive Anodespænding fra Lampen A_1 over paa A_2 's Gitter. Man maa her navnlig lægge Mærke til Gitterbatteriet B_2 , som gennem Generatoren Z og Modstanden R_2 forsyner de to Audionlamper med en passende negativ Gitterforspænding.

27. For at forstaa Betydningen af denne Forspænding vil vi se lidt nærmere paa Lampens Arbejds karakteristik A i Fig. 49. Her er e_1 den negative Gitterforspænding og Kurverne x og y forestiller sammenhørende Gitterspændings- og Anodestrømsvariationer. Man ser, at Gitterspændingen paa Grund af Forspændingen e_1 hele Tiden vil variere mellem større eller mindre *negative* Værdier. Da Gitterne altsaa aldrig bli-

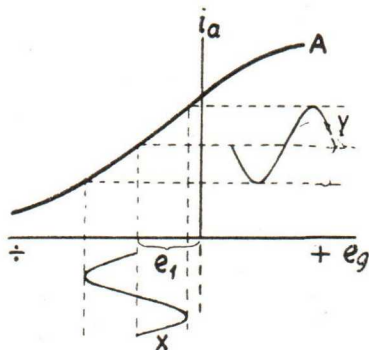


Fig. 49.

ver positivt elektriske undgaar man fuldstændigt Gitterstrømme, der let kunde give Anledning til Forvrængning. Hvis f. Eks. Gitteret i A_2 blev positivt, vilde der i Lampen gaa en Gitterstrøm, hvortil Elektriciteten maatte tages fra Kondensatoren C; men derved vilde jo Kondensatorens Spænding falde, saa at Gitteret ikke fik den Spænding, som svarede til

Spændingsvariationen over R_1 . Derimod vilde A_2 's Gitter i næste Halvperiode faa fuld negativ Spænding, da man ingen Gitterstrøm faar med negativt Gitter. Uden en passende negativ Gitterforspænding vilde de positive og negative Strømpulser fra Generatoren Z altsaa ikke blive forstærket lige meget.

Modstanden R_2 har altsaa den Opgave at lede den negative Spænding fra Batteriet B_2 til Audionlampens Gitter. Da Gitteret ingen Strøm forbruger, kan Modstanden godt være meget stor (1 a 2 Millioners Ohm); men det er ogsaa nødvendigt at den er stor, da ellers Gitterspændingsvariationerne vilde afledes gennem Modstanden og kun paavirke Gitteret svagt. Kondensatoren C bør have en stor Kapacitet, navnlig ved Forstærkning af lave Frekvenser, idet som bekendt en Kondensator leder Vekselstrømme desto bedre, jo større dens Kapacitet er og jo højere Frekvensen er, og Kondensatorens Ledningsevne maa være meget stor i Forhold til Gitterafledningens.

28. Denne Forstærker er baade velegnet til Forstærkning af lavfrekvente Strømme og af højfrekvente Strømme med Bølgelængde over ca. 1000 m. I en Lavfrekvensforstærker maa Kondensatoren C ikke være under 10 000 cm, men gerne større, hvorimod den i en Højfrekvensforstærker ikke behøver at være større end c. 100 à 300 cm.

En modstandskoblet Forstærker som den her omtalte giver ved rigtig Dimensionering en fuldstændig forvrængningsfri Forstærkning. Den kræver imidlertid til sin Drift et Anodebatteri med meget høj Spænding paa Grund af det store Middelspændingstab i Anodemodstandene. Disse maa nemlig vælges ret store (fra 2 til 5 Gange Lampeimpedansen), for at opnaa en nogenlunde kraftig Forstærkning. Den største Forstærkning, man paa denne Maade opnaar i Praxis for hver Lampe i Forstærkeren er omkring 80 pCt. af Lampens Forstærkningsfaktor.

29. Hvis man vil undgaa den høje Batterispænding til Forstærkere af denne Art, kan man erstatte de høje ohmske

Modstande i Lampernes Anodekreds med *induktive Modstande*. Til Lavfrekvensforstærkning benytter man Spoler med Jernkerne og mange Tusinde Vindinger tynd Kobbertraad. Disse Spoler har, trods deres forholdsvis lave ohmske Modstand, (f. Eks. 1000 Ohm) en saa stor Selvinduktion (f. Eks. 20 Henry eller meget mere), at deres induktive Modstand ved de foreskrevne Frekvenser bliver tilstrækkelig stor.

30. I en Spole som nævnt ovenfor med $R = 1000$ Ohm og $L = 20$ Hy. bliver den induktive Modstand ved Frekvensen $f = 200$

$$Z = \sqrt{R^2 + (2\pi fL)^2} = \sqrt{1000^2 + 25120^2} = c. 25200 \text{ Ohm.}$$

Ved Frekvensen $f = 1000$ bliver den induktive Modstand $Z = c. 126\ 000$ Ohm.

Man ser heraf, at de lave Frekvenser ikke vil blive forstærket saa meget som de høje, men Forskellen bliver ikke sær-

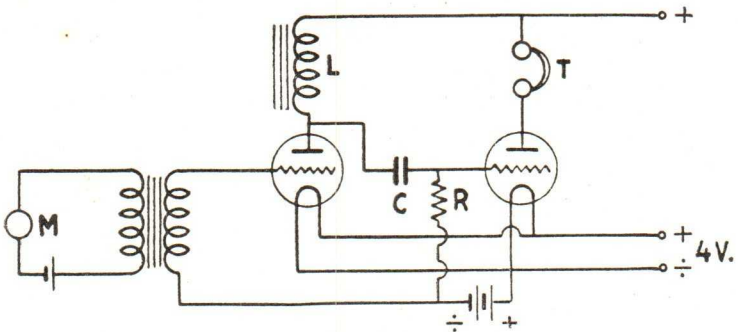


Fig. 50.

lig stor for de i Tale og Musik hyppigt forekomne Frekvenser, naar blot Spolens Selvinduktion vælges tilstrækkelig høj. Fig. 50 viser en saadan „reaktanskoblet“ Lavfrekvensforstærker, hvor Tale og Musik i Mikrofonen M forstærkes kraftigt op til Telefonen T.

Med Hensyn til Størrelsen af Gitterkondensator C og Git-

terafledning R gælder naturligvis det samme, som for den modstandskoblede Forstærker. Forstærkningen kan heller ikke her blive større for hver Lampe, end Lampens Forstærkningsfaktor. Man kan dog opnaa større Forstærkning, naar

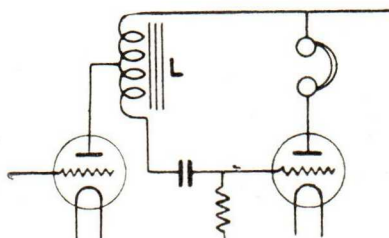


Fig. 51.

man som vist i Fig. 51 afgrener Spolen L ('Anodedroslen'). Spolen virker da som en Autotransformator, som optransformerer Spændingerne paa Gitterkondensatoren. Den Del af Spolen, som er indskudt i 1. Lampes Anodekreds, skal have en høj Selvinduktion, naar man vil undgaa, at de lave Frekvenser forstærkes for lidt.

31. Naar man vil benytte en lignende Anordning til Højfrekvensforstærkning, behøver man ikke tilnærmelsesvis saa høj en Selvinduktion i Spolerne, da den induktive Modstand jo stiger med Frekvensen. Man maa derimod drage Omsorg for, at Spolerne er viklet med den mindst mulige Kapacitet mellem Vindingerne, da selv en ringe Kapacitet her virker som en Kortslutning af de højfrequente Spændinger. Saadanne Højfrekvensforstærkere benyttes imidlertid ikke meget i Praksis, da de forstærker de højfrequente Svingninger omtrent lige meget uanset Frekvensen. Som Regel ønsker man ved Modtagning kun en enkelt Frekvens forstærket, og dette opnaas bedst ved *reaktanskoblede Højfrekvensforstærkere med afstemt Anodespole*, som vist i Fig. 52. Her føres de gennem Antennen modtagne Svingninger til Gitteret paa Højfrekvenslampen A_1 — og efter Forstærkningen — fra samme

Lampes Anode og til A_2 's Gitter. Lampen A_2 virker, som det senere skal vises, som Detektor, saaledes at Fig. 52 i Virkeligheden fremstiller en Modtager med 1 Trin Højfrekvensforstærkning. Anodebatteriet, der tilsluttes Klemmerne + og -, skal her ikke have særlig høj Spænding, da Jævnstrømsmodstanden i Spolen L er saa lille, at Anodespændingen paa A_1 bliver lig Batterispændingen.

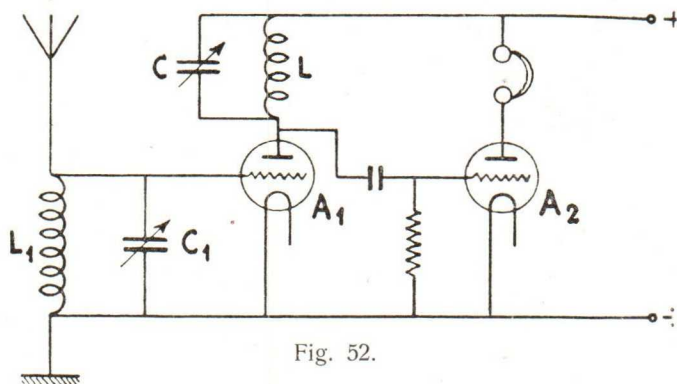


Fig. 52.

Naar man nu afstemmer Svingningskredsen L—C til den Frekvens, der skal forstærkes, saa byder Kredsen en næsten uendelig stor Modstand mod Strømstød med denne Frekvens, og man opnaar da den ønskede Forstærkning, uden at Lampens Middel-Anodespænding derfor falder.

Ved Højfrekvensforstærkningen indføres ikke en hörlig Forvrængning, naar man udelader den negative Gitterforspænding som f. Eks. i Fig. 52. Alligevel benytter man ofte den negative Forspænding for at undgaa Tabene ved Gitterstrømmene og den dermed følgende Dæmpning af Gittersvingningskredsen.

32. Baade ved Høj- og Lavfrekvensforstærkning kan man benytte Transformatorer til Overføring af en Lampes Anodeenergi til næste Lampes Gitter.

I Højfrekvensforstærkere kan Transformatoren bestaa af en ikke afstemt Primærvikling i første Lampes Anodekreds,

koblet til en afstemt Spolevikling i næste Lampes Gitterkreds (Fig. 53 a), og i Lavfrekvensforstærkere benyttes altid almindelige smaa Transformatorer med Jernkerne og med mange flere Vindinger i Gittersiden (Sekundærviklingen) end paa Anodesiden (Primærviklingen). Se Fig. 53 b. Naar der er flere Sekundærvindinger end Primærvindinger paa Transformatoren, saa optransformeres nemlig Anodespændingsvariationerne saaledes, at man kan opnaa en større Spændingsforstærkning pr. Lampe end angivet ved Lampens Forstærkningsfaktor.

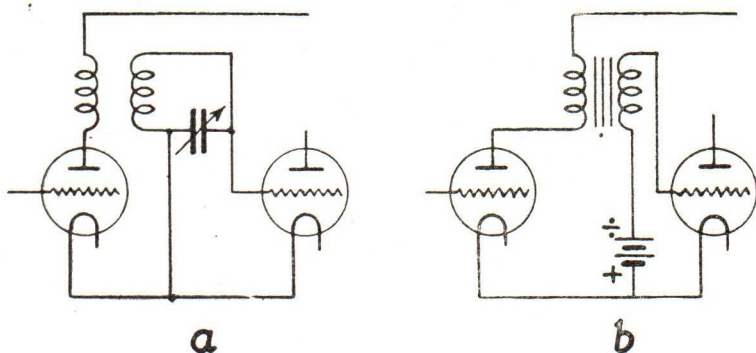


Fig. 53.

Modstandskoblede Lavfrekvensforstærkere giver praktisk talt alle hørbare Frekvenser samme Forstærkning, naar blot Koblingskondensatoren mellem en Lampes Anode og næste Lampes Gitter er stor nok, og naar Gitterafledningens Modstand er tilstrækkelig høj, idet Anodemodstanden altid er den samme, uafhængig af Frekvensen.

I reaktans- og transformatorokoblede Lavfrekvensforstærkere er den induktive Modstand i Anodekredsen proportional med Frekvensen, saaledes at de lave Frekvenser ikke forstærkes saa meget som de høje. Herved bliver Gengivelsen noget forvandsket, men denne Forvandskning bliver uden Betydning, naar blot Transformatorens primære — (eller Drosselspolens) — Selvinduktion er mindst 1 Henry for hver Gang Lampeimpedansen er 1000 Ohm. Til en Philips B 406

Lampe, der opgives at have en indre Modstand (Impedans) paa 4300 Ohm, bør man saaledes vælge en Transformator, som i Primærviklingen ikke har mindre end c. 5 Henry (maalt ved normal Drift).

Audionlampen som Detektor.

33. Audionlampens Detektorvirkning frembringes paa to væsentligt forskellige Maader. Den ene af disse Maader er vist i Fig. 54, hvor Lampen arbejder som Detektor i en ganske en-

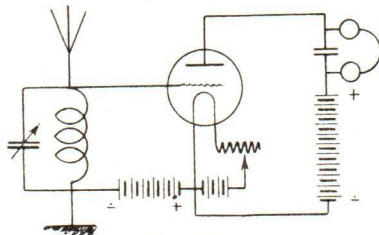


Fig. 54.

kelt Modtageropstilling. Foruden Anodebatteri og Glødebatteri findes her et tredje Batteri, som gennem Antennespolen giver Lampens Gitter en saa høj negativ Forspænding, at Anodestrømmen netop bliver Nul. Naar der nu yderligere tilføres Gitteret Vekselspændingen (Svingninger), saa bliver Gitteret i Takt hermed mere eller mindre negativt. Hver Gang Gitteret bliver mere negativt, forbliver Anodestrømmen Nul, men hver Gang det bliver mindre negativt, faaes et Strømstød gennem Telefonen.

Dette er illustreret ved Kurverne i Fig. 55, hvor A viser de elektriske Svingninger, som oparbejdes i Antennekredsen af de modtagne Bølger. For nu at faa fat paa de Spændinger, som virkelig paavirker Lampens Gitter, saa maa man til disse Svingningsspændinger lægge den konstante negative Gitterforspænding (f. Eks. 9 Volt), og man kommer da til Kurven B. Da man nu kun faar Anodestrøm i Lampen, naar den nega-

tive Gitterspænding er mindre end 9 Volt, saa ser man, at Anodestrømmen maa blive en Række smaa kortvarige Strømstød, som er fremstillet ved de toppede Kurvestykker i Fig. 55 C. Da disse Strømstød forekommer med meget høj Frekvens.

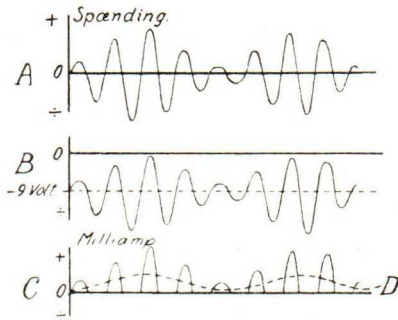


Fig. 55.

kan de ikke direkte høres i Telefonen; men paa Grund af Telefonens Selvinduktion og Telefonkondensatorens Kapacitet udjævnes disse Strømstød i Telefonen til en langsommere pulserende Jævnstrøm med hørlig Frekvens. (Den punkterede Kurve D.)

34. Den her anvendte Metode giver, navnlig ved kraftige Signaler, en meget ren Gengivelse, men den benyttes paa Grund af sin mindre Følsomhed ikke saa meget som den Metode, der er anvendt i Modtageren i Fig. 56.

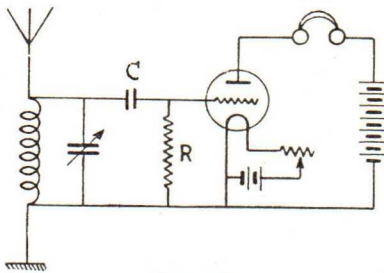


Fig. 56.

I denne Modtager benyttes ingen negativ Gitterforspæn-

ding; men Svingningsspændingerne i Antennekredsen gaar til Lampens Gitter over en lille Blokkondensator C paa 100—300 cm. Lampens Gitter er endvidere gennem Gitterafledningen R — en Modstand paa omkring 2 Millioner Ohm — i Forbindelse med Glødetraaden. Gitteret har altsaa normalt samme Spænding som Glødetraaden og vil derfor under Paavirkning af Svingningerne i Antennekredsen skiftevis blive positivt og negativt elektrisk. Nu ser man af den tidligere i Fig. 44 viste Lampekarakteristik, at *der vil gaa en svag Gitterstrøm, hver Gang Gitteret er positivt*, idet Gitteret da tiltrækker nogle af de negative Elektroner, som udslynges fra Glødetraaden, medens der ingen Strøm gaar, naar Gitteret er negativt elektrisk, fordi det kolde Gitter ikke kan udsende Elektroner. Følgelig vil Gitteret, hver Gang det faar en positiv Impuls fra Antennekredsen, opsamle en lille negativ Elektricitetsmængde, og hvis der ingen Gitterafledning R findes, kan disse Ladninger ikke slippe bort, og Gitteret vil da for hver ny Impuls blive mere og mere negativt, indtil der ingen Gitterstrøm kan gaa mere.

Gitterafledningen R har nu den Opgave at lade den negative Gitterladning sive langsomt bort, og man faar da den Virkning frem, som er illustreret ved Kurverne i Fig. 57.

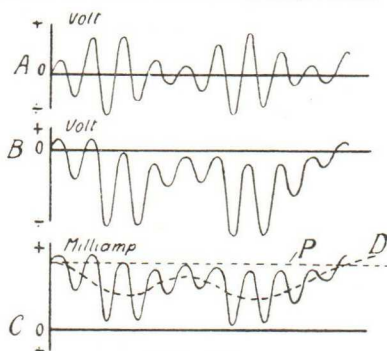


Fig. 57.

A viser her Svingningsspændingerne, som fra Antennekredsen sendes gennem Gitterkondensatoren. Gitteret selv anta-

ger ikke de samme Spændinger, da det jo bliver mere og mere negativt for hver Halvperiode, og Gitterspændingerne vil derfor følge Kurven B. Man ser her, at Middelgitterspændingen atter nærmer sig Nul, naar Svingningernes Styrke aftager, idet Gitterafledningen da er i Stand til at bortlede større Elektricitetsmængder, end der optages paa Gitteret pr. Tidsenhed. I C antyder den punkterede Linie P den Anodestrøm, man faar med Gitterspændingen Nul. Under Indvirkning af Gitterspændingerne B vil Anodestrømmen nu variere efter den fuldt optrukne Kurve i C, og dens Middelværdi vil da være den punkterede Kurve D, d. v. s. en lavfrekvent pulserende Jævnstrøm, der i Telefonen vil give en hørlig Tone.

Havde der ikke været Gitterkondensator og Afledning i Modtageren, saa vilde Gitterspændingerne have varieret efter Kurven A og Anodestrømmen efter en lignende Kurve, hvorved Anodestrømmens Middelværdi var bleven ganske uforandret, og man havde altsaa ingen Detektorvirkning opnaaet.

For forskellige Lampetyper kan den Gitterspænding, hvor Gitterstrømmen begynder at betyde noget, variere lidt, og det kan derfor ofte give den bedste Detektorvirkning, naar Gitterafledningen forbindes til et Potentiometer, som er anbragt mellem + og \div Glødetraad. Bruger man ikke Potentiometer, saa forbindes som Regel Gitterafledningen til Plussiden af Glødetraaden.

Audionlampen som Svingningsgenerator.

35. For at forstaa, hvordan man kan frembringe elektriske Svingninger med Audionlampen, skal vi kort genkalde os nogle af Lampens Egenskaber, som de fremgaar af dens karakteristiske Kurver.

Ved de allerfleste Anvendelser af Audionlampen har man de ydre Forbindelser ordnet saaledes, at der dannes en Strømkreds mellem Gitter og Glødetraad (Gitterkredsen) og en anden Strømkreds, der indeholder Anodebatteriet, mellem Glødetraad og Plade (Anodekredsen).

Har Gitteret samme Spænding som Glødetraaden, flyder der i Anodekredsen en bestemt Strøm, hvis Størrelse bl. andet er afhængig af Lampens Egenskaber og af Anodebatteriets Spænding. Bliver Gitteret nu mere og mere positivt elektrisk, saa stiger Anodestrømmen, men kun indtil en bestemt Værdi (Mætningsstrømmen), selv om Gitterspændingen yderligere vokser. Med faldende Gitterspænding aftager Anodestrømmen og bliver tilsidst Nul.

Hvis man i Anodekredsen indskyder en Modstand, (ohmsk eller induktiv), saa vil en tiltagende Anodestrøm lide et Spændingstab ved at passere denne Modstand, og Spændingen mellem Glødetraad og Plade kan derfor blive betydelig mindre end Anodebatteriets Spænding. Omvendt vil en aftagende Anodestrøm bevirke, at Lampens Anodespænding stiger.

Forekommer der kun en rent ohmsk Modstand i Anodekredsen, kan Anodespændingen højst naa at blive lig Batterispændingen, og dette sker da først, naar Gitteret er blevet saa negativt, at Anodestrømmen er Nul. Er Anodemodstanden induktiv (Spoler, Telefon eller lign.), saa kan Anodespændingen ved aftagende Anodestrøm stige til en betydelig højere Værdi end Batterispændingen.

Ved passende Forbindelseskemaer kan man nu faa Audionlampen til at frembringe elektriske Svingninger, naar blot man sørger for en saadan Forbindelse mellem Anode- og Gitterkreds, *at en voksende Anodestrøm bevirker en stigende positiv Gitterspænding* og omvendt. I saa Tilfælde maa Lampens Anodestrøm, naar den sluttes, straks stige, indtil Mætningsstrømmen er naaet, men naar den herefter ikke kan stige mere, er der intet til at opretholde den høje Gitterspænding, som da søger tilbage til Nul“ Herved falder Anodestrømmen og bevirker da en yderligere faldende Gitterspænding, indtil Anodestrømmen bliver Nul, hvorefter Gitterspændingen igen stiger til Nulværdien, da den ikke mere paavirkes af Anodestrømmen. Nu gentages Spillet forfra, og man ser, at Strømmen i Anodekredsen vil stige og falde i hurtigt Tempo, medens der i Gitterkredsen opstaar rene Vekselspændinger.

En Forbindelse mellem Anode- og Gitterkreds, som den foran omtalte, tilvejebringes lettest ved ren Induktion mellem Spoler i de to Kredse eller ved en kapacitiv Kobling.

Lad os f. Eks. se, hvordan Spolerne i en Lampegenerator skal forbindes. Man behøver ikke at gaa dybt ind paa Induktionsloven for at forstaa dette, men blot huske den Regel, der er illustreret i Fig. 58. Her forestiller a og b to Spoler anbragt

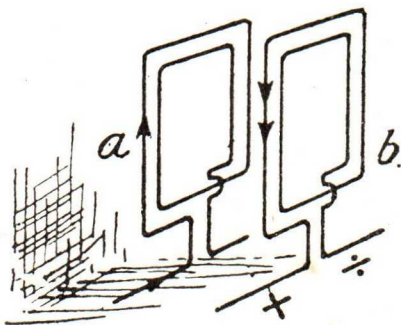


Fig. 58.

tæt sammen med Fladerne mod hinanden og med Akserne i hinandens Forlængelse. Hvis Strømmen i Spole a vokser i den ved Pilen angivne Retning, saa opstaar der ved Induktion i Spolen b en Spænding, som søger at drive en Strøm i den ved Dobbelt-pilen angivne Retning, *altsaa i modsat Omløbsretning af Strømmen i Spolen a*. Herved bliver Spolen b's Ender henholdsvis positiv og negativ elektrisk, som vist paa Tegningen.

Man kan altsaa faa en Audionlampe til at frembringe elektriske Svingninger ved et Forbindelsesskema som vist i Fig. 59, hvor Spolerne i Anodekreds og Gitterkreds er induktivt sammenkoblede med de viste rigtige Viklingsretninger. Vendes Viklingsretningen for en af Spolerne, frembringes ingen Svingninger, hvorimod man uden Skade kan vende Viklingsretningen samtidig i begge Spoler. Frekvensen af de frembragte Svingninger bestemmes her hovedsagelig af Kapacitet og Selvinduktion i den afstemte Gitterkreds.

Koblingsmaader, hvor man fører Energi fra Anodekredsen tilbage til Gitterkredsen, kaldes *Tilbagekobling*.

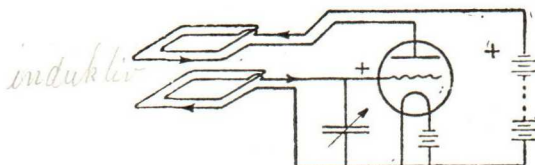


Fig. 59.

36. En simpel Svingningsgenerator med kapacitiv Tilbagekobling kan fremstilles paa den Maade, at baade Anodekreds og Gitterkreds afstemmes hver for sig til den samme Frekvens uden at kobles inductivt sammen. En lille Kondensator anbringes derefter direkte mellem Gitter og Anode, og Lampen vil da frembringe elektriske Svingninger. I Fig. 60 ses Principskemaet for en saadan Lempegenerator med Tilbagekoblingskondensator C.

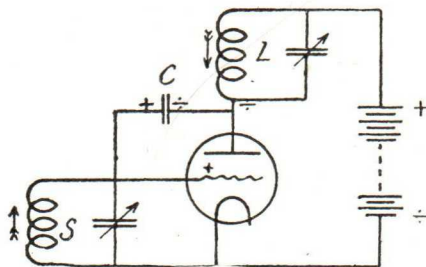


Fig. 60.

Forklaringen er her ganske kort denne: Ved voksende Anodestrøm falder Pladespændingen (antydnet ved \div) paa Grund af Vekselsstrømsmodstanden i Svingningskredsen L. Da Kondensatoren C's højre Side nu bliver mindre positiv elektrisk, tiltrækkes der positiv Elektricitet paa dens venstre Side, og da denne Elektricitet maa strømme til gennem Spolen S, opstaar der i denne Spole en Strøm, som er rettet mod Gitteret og gør dette positivt elektrisk. Den tidligere omtalte Betingelse

for at faa frembragt Svingninger er dermed opfyldt. I mange Tilfælde er det slet ikke nødvendigt at benytte Koblingskondensatoren C, idet Kapaciteten mellem Lampens Gitter og Anode som Regel er stor nok til at frembringe den samme Virkning.

Næsten alle Strømskemaer for Højfrekvens-Rørgeneratorer kan afledes af de to viste Eksempler paa induktiv og kapacitiv Tilbagekobling. F. Eks. viser Fig. 61 den saakaldte Tre-

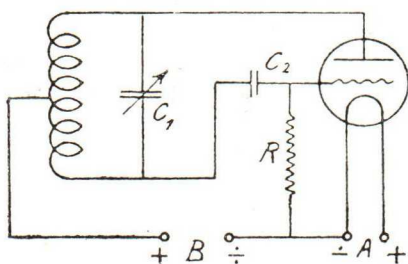


Fig. 61.

punktskobling, der let kan afledes af Strømskemaet for Generatoren med induktiv Tilbagekobling. I Fig. 61 er de to sammenkoblede Spoler forenet til een enkelt, der afstemmes med Kondensatoren C_1 , medens Kondensatoren C_2 hindrer den høje Jævnstrømsspænding for Anoden i at naa over paa Gitteret. R er en høj Modstand, hvorigennem de negative Ladninger, der opsamles af Gitteret, kan afledes. Anodestrømkilden tilsluttes Klemmerne B.

I Praksis søger man, navnlig ved større Højfrekvensgeneratorer, at undgaa at faa den højspændte Anodestrøm over i Svingningskredsene, fordi en Berøring af disse da vil være livsfarlig. Man benytter derfor som Regel det Princip, der er illustreret ved Fig. 62, 63 og 64, hvor den egentlige Anodestrømkreds er afspærret fra Svingningskredsene ved den saakaldte *Anode-Stoppekondensator*, der i alle tre Diagrammer er betegnet ved C. For at fremskaffe de nødvendige periodiske Spændingsfald paa Anoden, er der da mellem Lampens Anode og Anodestrømkilden indskudt en Selvinduktion D (*Anode-*

drossel), der maa være viklet saaledes, at der er meget ringe Kapacitet mellem Vindingerne.

Fig. 63 viser den paa denne Maade frembragte Modifikation af Trepunktskoblingen, medens Fig. 62 viser en lignende Kobling, hvor kun Gitterkredsen er afstemt, og hvor den

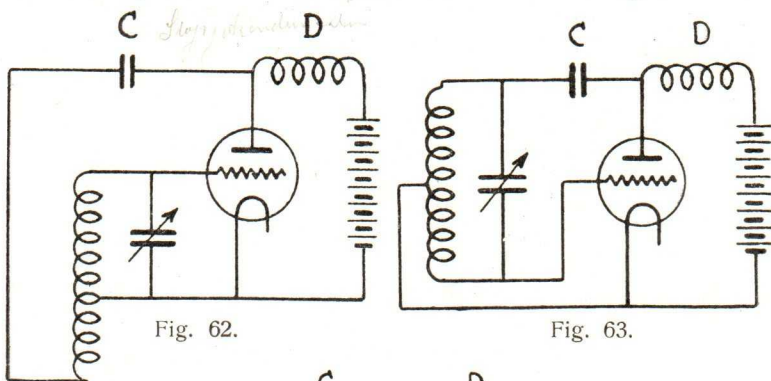


Fig. 62.

Fig. 63.

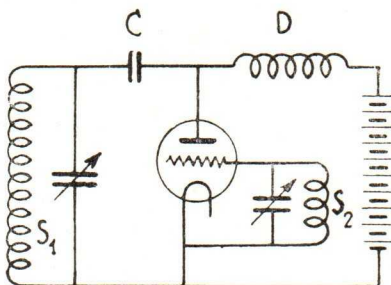


Fig. 64.

nederste Del af Gitterspolen da benyttes som Tilbagekoblings-spole. I Fig. 64 findes baade en afstemt Anodekreds S_1 og en afstemt Gitterkreds S_2 . Disse to Kredse er kun sammenkoblet ved Lampens indre Kapacitet mellem Anode og Gitter, og denne Opstilling vil kun frembringe Svingninger, naar begge Kredse er afstemt til den samme Frekvens. Man kunde ogsaa her sammenkoble de to Spoler og eventuelt udelade en af Afstemningskondensatorerne. De frembragte Svingningers Frekvens vilde da i Hovedsagen være bestemt ved Konstanterne for den afstemte Svingningskreds.

37. Svingningsgeneratoren vil som Regel foruden Hovedsvingningen ogsaa frembringe andre og svagere Svingninger, som kaldes Oversvingninger. Har Hovedsvingningen Frekvensen f , vil Generatorerne navnlig være tilbøjelige til samtidig at frembringe Svingninger med Frekvenserne $3 f$, $5 f$, $7 f$ o. s. v., og desto fastere Tilbagekobling der anvendes i Generatoropstillingen, desto mere udprægede bliver disse Oversvingninger. For at undgaa dem kobles da Generatoren til Mellemkredse (Filterkredse), hvor Hovedsvingningen induceres over uden nævneværdig Svækkelse, naar Mellemkredsen er afstemt efter Hovedfrekvensen, medens Oversvingningerne næsten slet ikke overføres til Mellemkredsen.

Til særlige Formaal kan man undertiden frembringe kraftige Oversvingninger (ogsaa kaldet harmoniske Svingninger), og vil man da have fat paa en bestemt af disse Svingninger, f. Eks. den 5' harmoniske, saa kobler man blot Generatoren til en Mellemkreds, der er afstemt til Frekvensen $5 f$, og denne Frekvens gaar da alene usvækket over i Mellemkredsen.

Lampesendere.

38. For at faa Energien fra en Lampegenerator udstraalt, kan man simpelthen forbinde Antenne og Jord til en af Generatorens Svingningskredse. Dette ændrer naturligvis Generatorens Frekvens, idet baade Antennens Kapacitet og dens Selvinduktion maa medregnes i Svingningskredsens Konstanter. Man kan ogsaa afstemme Antennekredsen for sig og koble den induktivt eller kapacitivt til Generatoren.

Tegngivningen ved Telegrafi kan frembringes paa mange forskellige Maader. Ved Mellemkredssending, altsaa hvor Antennekredsen er afstemt for sig selv og koblet passende løst til Generatoren, vil det være tilstrækkeligt at forstemme Antennen i Tegnmellemrummene. Dette kan f. Eks. gøres saaledes, at man med Telegrafnøglen kortslutter en eller nogle faa Vindinger i Antennespolen, naar denne afstemmes til Re-

sonans med Generatoren. Slippes nu Telegrafnøglen, bliver Antennekredsen forstemt, idet der indskydes en ekstra Vinding i Kredsen, og Strømstyrken i Antennen falder da stærkt.

Som Regel benyttes dog andre Metoder, hvor man helt eller delvis standser Generatorens Svingningsfrembringelse i Tegnmellemrummene. Ved meget smaa Sendere gøres dette simplest ved at afbryde Anodestrømmen; men saa snart man har med større Sendere at gøre, bliver det upraktisk at afbryde denne højspændte Strøm, og man kan da f. Eks. give Tegnene ved at slutte og afbryde Gitterkredsen eller simpelthen Gitterafledningen. Er Gitteret nemlig afspærret fra Svingningskredsen ved en Kondensator med Afledning, saa vil der ved Afbrydning af Afledningsforbindelserne uhyre hurtigt opsamles saa store negative Ladninger paa Lampens Gitter, at Generatoren gaar i Staa.

Gitterkondensator med Afledning benyttes iøvrigt meget hyppigt ved Sendere, fordi Senderens Virkningsgrad derved kan forøges meget væsentlig. Gitteret antager nemlig da under Svingningsfrembringelsen en passende negativ Spænding, der forringer Hvilestrømmen gennem Lampen. Gitterafledningen maa ikke have for høj en Modstand, da man saa risikerer, at Generatorlampen i hurtig Rækkefølge falder ud at Svingning og gaar i Svingning igen. Man vil i saa Tilfælde i en Modtager høre en skarp hylende Tone eller Brummen fra Senderen.

I de efterfølgende Diagrammer, der viser forskellige Sendere, tænkes Anodestrømskilden tilsluttet Klemmerne mærket + H og \div H og Glødestrømsbatteriet tilsluttet Klemmerne + G og \div G.

Fig. 65 viser en ganske enkelt Telegrafisender. Den eneste afstemte Svingningskreds, der findes, er selve Antennekredsen, hvor Spolen L_1 's Selvinduktion og Antennens Kapacitet hovedsagelig bestemmer Frekvensen. Tilbagekoblingen frembringes ved induktiv Kobling mellem Spolerne L_1 og L_2 . D er Anodedrosselspolen og C_1 er Stoppekondensatoren. I Gitterkredsen findes Gitterkondensatoren C_2 og Afledningen R, og

Telegrafnøglen N er indskudt i Forbindelsen mellem R og Lampens Glødetraad. Varmetraadsamperemeteret A viser Antennestrømmen.

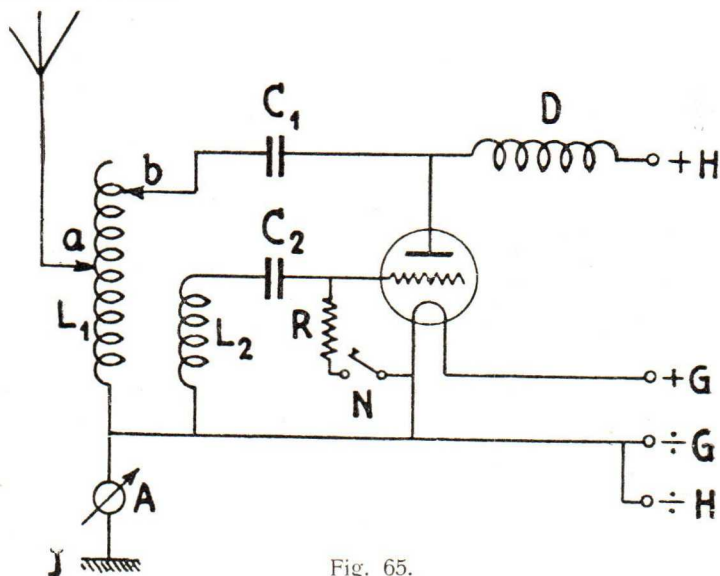


Fig. 65.

Antenneaftrapningen a paa Spolen L_1 er vist variabel, for at man kan variere Senderens Bølgelængde, men ogsaa Anodeaftrapningen b maa være variabel for at opnaa den bedste Virkningsgrad. Tænker vi os nemlig den størst mulige Antenneenergi forhaanden, saa vil Spændingen mellem Jord J og de forskellige Vindinger paa Spolen L_1 være desto højere, jo længere Vindingen er fjernet fra J. Anodeaftrapningen b skal da gaa ind paa et saadant Punkt af Spolen L, hvor Spændingen vilde være lig med Lampens varierende Anodespænding.

39. En anden Sender med Generatoren i Trepunktskobling er vist i Fig. 66. Her afstemmes Generator kredsen for sig selv til den ønskede Frekvens med Kondensatoren C. Antennespølen L_1 er løst koblet til Generator-Svingningskredsen, og den afstemmes til samme Frekvens som denne ved Variation af

Antenneaftrapningen *a* indtil Amperemeteret *A* viser det størst mulige Udslag. Da denne Afstemning er ret grov, idet man jo varierer Aftrapningen i Spring paa een eller flere Vindinger, kan man til Finafstemning indskyde et Variometer i Antennekredsen.

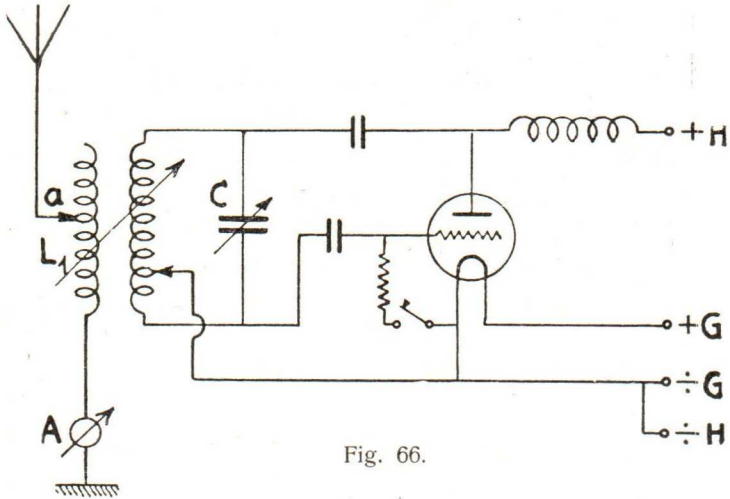


Fig. 66.

40. Ønsker man i en Sender større Energi, end een Lampe af en bestemt Type kan frembringe, saa kan man simpelthen forbinde flere Lamper parallelt, idet Gitter forbindes til Gitter og Anode til Anode. Ved korte Bølgelængder arbejder Lamperne imidlertid ikke godt i Parallelforbindelse. Man faar da bedre Resultater ved at lade to Lamper arbejde i Modtakt i den saakaldte Balanceopstilling. Denne Opstilling kan ændres paa mangfoldige Maader. Fælles for dem alle er blot dette, at de to Lamper er ganske symmetrisk forbundet, og naar den ene Lampes Gitter er positivt, er den anden Lampes Gitter negativt. En Sender af denne Art er vist i Fig. 67. Man ser, at Modtakten opstaar, fordi Svingningskredsen er forbundet saaledes, at den ene Lampe maa faa stigende Anodespænding, naar den anden Lampe faar faldende Anodespænding. Hvis den ene Lampe borttages, kan den anden dog arbejde videre som Generator, idet man da har en Trepunktskobling.

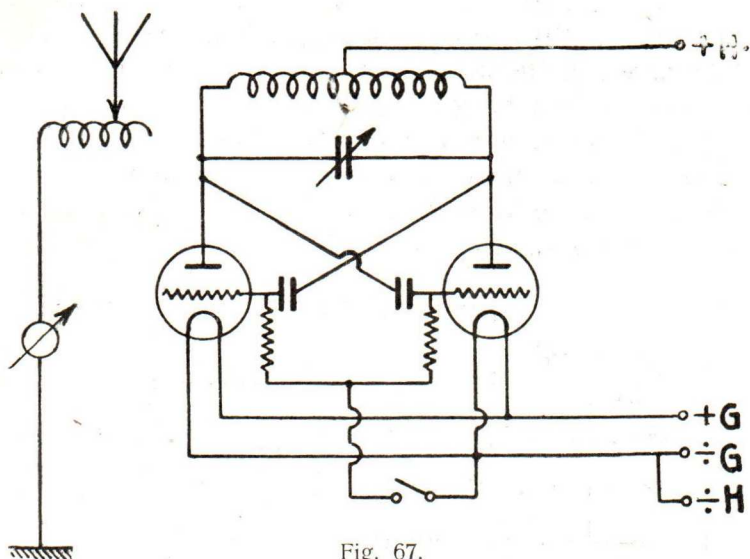


Fig. 67.

41. Ved moderne Sende anlæg maa man forlange, at SENDERENS Bølgelængde er overordentlig konstant, navnlig til kommercielle Forbindelser, hvor Sende- og Modtage anlæg altid skal staa rigtigt indstillet, idet man her ikke kan tage det Tids-spilde, der følger med hyppige Efterindstillinger. Endvidere er Modtagerne i saadanne Anlæg meget selektive, for at de ikke skal forstyrres af uvedkommende Sendere, og heraf følger igen, at hvis den korresponderende Senders Bølgelængde blot forandres en Bagatel, saa vil den slet ikke blive hørt eller registreret paa Modtagerstationen.

De allerede beskrevne Sendere kan ikke siges at have absolut konstant Bølgelængde. Man kan ganske vist bygge selve Højfrekvensgeneratoren og alle dens enkelte Dele saa solidt, at man ikke faar nævneværdige Frekvensændringer derfra, men Antennekredsen vil altid let være udsat for smaa Ændringer i Afstemningen, naar Antennen f. Eks. bevæges lidt af Blæst eller strammes mere eller mindre op ved Temperaturforandringer. I de Tilfælde, hvor Antennen er forbundet direkte

til Generatorens Hovedsvingningskreds, er det umiddelbart indlysende, at f. Eks. en lille Ændring af Antennens Kapacitet vil indvirke paa Generatorens Frekvens. Ogsaa ved Anvendelse af induktiv Kobling mellem Antennekreds og Generator (se Fig. 66) vil en Forstemning af Antennekredsen indvirke paa Generatorens Frekvens, omend kun i ringere Grad.

For at opnaa en bedre Bølgelængdekonstans, benyttes ofte i Praksis den fremmedstyrede Sender, der i Principet er vist i

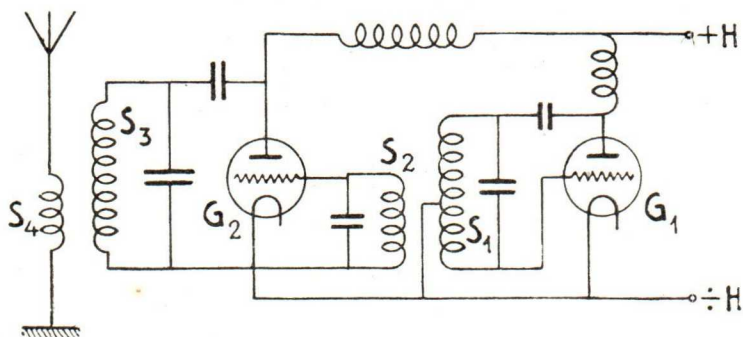


Fig. 68.

Fig. 68. Man har her en mindre Svingningsgenerator G_1 , der er bygget saa stabilt, at den arbejder med absolut konstant Frekvens. Denne Generator, kaldet *Styresenderen*, med Svingningskreds S_1 er koblet til Gitterkredsen S_2 paa Hovedgeneratorlampen G_2 . Denne Lampes Anodekreds S_3 er igen koblet til Antennekredsen S_4 . Alle Svingningskredsene S_1 , S_2 , S_3 og S_4 er afstemt til samme Frekvens, og Hovedgeneratorlampen G_2 virker altsaa som en kraftig Højfrekvensforstærker. Paa Grund af de mange afstemte Kredse vil en eventuel Forstemning af Antennekredsen her ikke kunne influere paa Generatoren G_1 's Frekvens. Ligeledes vil eventuelle Oversvingninger, frembragt af *Styresenderen*, blive frafiltreret i de mange Svingningskredse, saa de ikke udsendes fra Antennen. Hovedgeneratorlampen G_2 vil naturligvis have Tilbøjelighed til selv at frembringe Svingninger, da baade dens Gitterkreds og Anodekreds er afstemt. Dette maa ikke finde Sted, da Frekvensen jo alene

skal bestemmes af G_1 , og man er derfor i Praxis nødt til at stabilisere G_2 ved at tilvejebringe en Kobling mellem Kredse S_2 og S_3 , som modarbejder denne Svingningstendens.

42. Den *krystalstyrede* Sender, som benyttes meget i Nutiden er baseret paa Anvendelsen af de saakaldte piezo-elektriske Krystaller. Man har opdaget, at mange Krystaller, ved at slibes i Kasseform paa en bestemt Maade i Forhold til Krystalakserne, faar følgende mærkelige Egenskab: Udsættes to modstaaende Flader paa Krystallen for en elektrisk Spændingsforskel, saa sker der en Udvidelse eller Sammentrækning af Krystallen i en af de andre Retninger. Ligeledes vil et mekanisk Tryk paa to modstaaende Endeflader frembringe en elektrisk Spændingsforskel mellem to andre Endeflader. Endelig har Krystallen en udpræget Egenfrekvens for mekaniske Svingninger, og denne Frekvens er blot afhængig af Tykkelsen af den slebne Krystal.

Man kan nu anbringe en saadan Krystal mellem to Metalplader som indskydes i Gitterkredsen paa en lille Styresender, f. Eks. som antydet i Fig. 69, hvor K er Krystallen. Naar Lam-

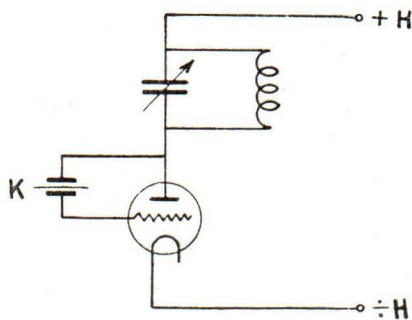


Fig. 69.

pens Anodekreds her afstemmes til Krystallens Egenfrekvens, frembringes Svingninger med fuldkommen konstant Bølgelængde, og disse Svingninger kan da, ligesom ved den almindelige fremmedstyrede Sender, efter en passende Forstær-

ning tilføres Antennen. Krystallen kan ogsaa anbringes i Gitterkredsen paa mange andre Maader.

Det skal i denne Sammenhæng anføres, at andre Generators Frekvens kan ændres kendeligt, hvis der sker smaa Variationer i Anodespænding eller Glødestrøm.

43. De hidtil viste Senderdiagrammer er kun beregnet til Sending af Telegrafi med kontinuerlige Bølger. Ved Sending af traadløs Telefoni maa de kontinuerlige Svingninger moduleres i Overensstemmelse med Lydsvingningerne.

Man omsætter da først ved Hjælp af en Mikrofon Lydsvingningerne til elektriske Vekselstrømme med samme Frekvens (lavfrekvente Svingninger), og lader saa disse paavirke Højfrekvensgeneratoren saaledes, at Styrken af de højfrekvente Svingninger stiger og aftager i Takt med de lavfrekvente Svingninger.

En af de simpleste Maader, hvorpaa dette kan opnaas, er vist i Fig. 70. Generatoren er forbundet i almindelig Trepunkts-

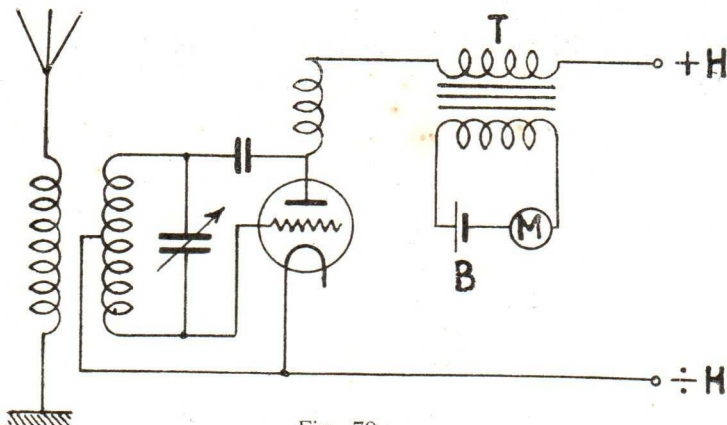


Fig. 70.

kobling og er induktivt koblet til Antennekredsen. I Anodetilførelsen er indskudt Mikrofontransformatoren T, hvis Primærvikling paa sædvanlig Maade er forbundet til Batteri B og Mikrofon M. Tales der nu i Mikrofonen, opstaar der lavfrekvente Vekselstrømme i Mikrofontransformatorens Sekundær-

vikling, og da denne er indskudt i Serie med Anodestrømkilden, faar Audionlampen altsaa som Resultat tilført en pulserende Jævnstrøm i Takt med Talesvingningerne. I et Øjeblik, hvor Anodestrømmen er kraftig, vil de højfrequente Svingninger naturligvis ogsaa være kraftige — og hvor Anodestrømmen er svag, bliver Svingningerne svage. De udsendte Bølger bliver saaledes moduleret af Lydsvingningerne og vil ved Modtagelse og Ensretning i en almindelig Krystal- eller Lampemodtager omdannes til lavfrekvente Vekselstrømme, som i en Telefon rigtigt gengiver Lydsvingningerne, som paavirkede Mikrofonen.

44. Det viste Arrangement er naturligvis ikke anvendeligt ved større Sendere paa Grund af de smaa Energimængder, Mikrofontransformatoren kan afgive; men man kan paa en lignende Maade modulere større Sendere ved som vist i Fig. 71

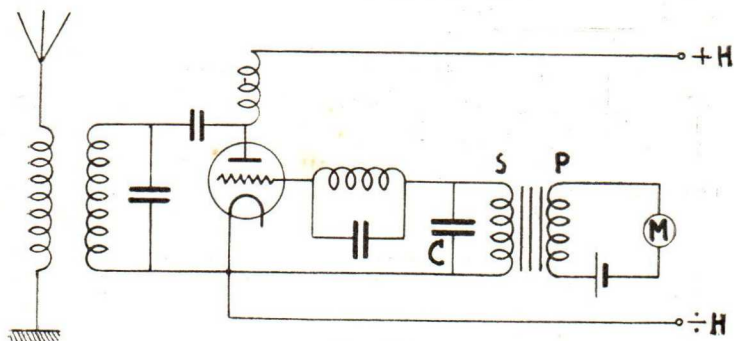


Fig. 71.

at indskyde Mikrofontransformatoren i Generatorlampens Gitterkreds. Mikrofontransformatorens Sekundærvikling S maa da være shuntet med en Kondensator C, for at den ikke skal spærre af for de højfrequente Svingninger i Gitterkredsløbet. Virkningen her beror paa den Omstændighed, at Generatorlampens Svingningsenergi for en stor Del er afhængig af den øjeblikkelige Gitterforspænding. Man kan derfor ogsaa modulere Senderen ved at variere Gitterafledningen, idet de Lad-

ninger, der opsamles paa Gitteret vil gøre dette stærkt negativt naar der er stor Modstand i Gitterafledningen. Gitteret maa da være afspærret fra Gitterkredsen ved en Kondensator. Som variabel Gitterafledning benyttes da bedst en Audionlampe, hvis Ledningsevne styres ved at lade Mikrofonen indvirke paa dens Gitter.

45. I Fig. 72 er vist en komplet Sender styret af en særlig Modulationslampe N_2 . Generatorlampen N_1 er knyttet til et Frembringersystem i Trepunktskobling, bestaaende af Spolen L_3 og Kondensatoren C_1 ; og Amperemetret A_2 viser Strøm-

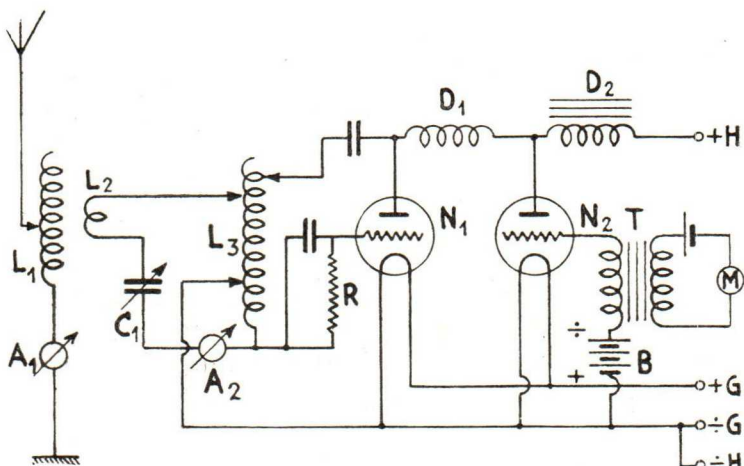


Fig. 72.

men i Frembringerkredsen. L_2 er en Spole med ganske faa Vindinger, hvormed Generatoren kobles til Antennespolen L_1 . I den for de to Lamper fælles Anodeledning $+H$ er indskudt en Drosselspole med Jernkerne D_2 , som byder en stor induktiv Modstand mod lavfrekvente Svingninger. Modulationslampen N_2 faar gennem Mikrofontransformatoren T en passende negativ Gitterforspænding fra Batteriet B . Naar der nu tales i Mikrofonen faar Modulationslampen vekslende Gitterspændinger, og dens Anodestrøm kommer derved til at veksle i

Takt med Talesvingningerne. Paa Grund af Drosselspolen D_2 virker nu Modulationslampen som en Lavfrekvensforstærker og faar en stærkt vekslende Anodespænding, og da denne Spænding virker direkte ind paa Generatoren, maa dennes Svingningsenergi altsaa veksle i Takt med Talesvingningerne.

46. I Fig. 73 viser A de højfrequente kontinuerlige Svingninger, som Generatoren frembringer, naar den ikke module-res. B viser de lavfrekvente Vekselstrømme (kun en enkelt Peri-ode), som overlejres paa de kontinuerlige Svingninger, og en-

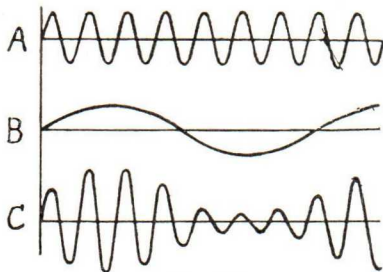


Fig. 73.

delig viser C de resulterende højfrequente Svingninger, som fremkommer ved Modulationen. Disse Svingninger har ikke, saaledes som man skulde tro efter Tegningen, en enkelt bestemt Frekvens, men de kan tænkes sammensat ved en simpel Addition af tre forskellige Frekvenser. Har saaledes de kontinuerlige Svingninger (A) Frekvensen f og de lavfrekvente Svingninger (B) Frekvensen F , saa indeholder (C) i Virkelighed de tre Frekvenser:

$$(f \div F.), f \text{ og } (f + F).$$

Da Frekvensen F ved Tale og Musik stadigt varierer lige fra ca. 100 og op til 6 a 8000, ser man, at en Telefonisender ikke kan sende paa en skarpt bestemt Bølgelængde. Er f. Eks. $f = 300\ 000$ ($\lambda = 1000$ m), saa vil der fra Senderen udsendes Svingninger, hvis Frekvens stadigt varierer, men dog holdes indenfor Værdierne $f = c. 292\ 000$ og $f = c. 308\ 000$. Det Omraade, hvor indenfor Frekvensen varierer, kaldes et

Bølgebaand, og man kan i det foreliggende Tilfælde tale om Senderens to *Sidebaand*, nemlig et fra $f = 292\ 000$ til $f = 300\ 000$ og et fra $f = 300\ 000$ til $f = 308\ 000$.

Man ser heraf, at en Modtager med saa stor Selektivitet, at den praktisk talt kun kan modtage een bestemt Frekvens, vil være ubrugelig til Modtagelse af Telefoni. Det er ikke vanskeligt i Praksis at bygge en Modtager med saa stor Selektivitet, at den er ganske uegnet til Modtagelse af Radiofoni.

Audionmodtagere.

47. Audionlampens mange Egenskaber, som er behandlet i de forrige Afsnit, gør den glimrende egnet til Anvendelse i Modtagere. Ved Hjælp af Højfrekvensforstærkere kan man modtage fra fjerntliggende Stationer, som det vilde være vanskeligt eller umuligt at høre paa Detektor alene, og med Lavfrekvensforstærkere kan Lydstyrken af det modtagne blive meget kraftig, navnlig naar Udgangsstrømmen nyttiggøres i en Højtaler.

Lavfrekvensforstærkning forøger Lydstyrken af det modtagne; men den kan kun benyttes med Fordel, naar de lavfrekvente Strømme, der skal forstærkes, giver en nogenlunde god Lydstyrke i Hovedtelefonen. En Modtagers Rækkevidde forøges altsaa kun til en vis Grad ved Tilføjelse af Lavfrekvenstrin. Derimod vil Højfrekvensforstærkere kunne forøge en Modtagers Rækkevidde meget betydeligt.

Een Lampe Modtageren, hvor Audionlampen er Detektor, kan bygges paa flere forskellige Maader. Et af de simpleste Apparater af denne Art er tidligere vist i Fig. 56, hvor Lampen vil virke som en god Detektor, der giver en noget kraftigere Modtagelse end en Krystaldetektor.

Man kan imidlertid opnaa en meget kraftig Forstærkning med en saadan Modtager, naar man tilvejebringer en passende Tilbagekobling mellem Anode- og Gitterkreds ligesom i en Lampegenerator. Kun maa Tilbagekoblingen som Regel ikke være saa stærk, at Lampen selv frembringer højfrekvente

Svingninger; men man kan gøre Tilbagekoblingen variabel og finder da, at jo haardere man kobler tilbage, desto kraftigere lyder det modtagne, indtil Lampen ved en tilstrækkelig fast Tilbagekobling pludseligt selv begynder at frembringe Svingninger og derved ødelægger Gengivelsen.

Skal man modtage Telegrafi, som sendes med kontinuerlige Bølger, har vi set, at der maa fremskaffes en Hjælpe-svingning med en Frekvens, som er lidt forskellig fra de modtagne Bølgers Frekvens, for at der ved Interferens kan opstaa en Stødfrekvens med hørbart Periodetal. Disse Hjælpe-svingninger kan frembringes med en særlig Lampegenerator, som kobles til Modtageren, men hvis man i Forvejen har en Modtager med Tilbagekobling, vil det være tilstrækkeligt at koble saa haardt tilbage, at Modtageren selv frembringer Hjælpe-svingningerne, og ved en ringe Variation af Afstemningen kan man da frembringe en Stødtone med enhver ønskelig Frekvens.

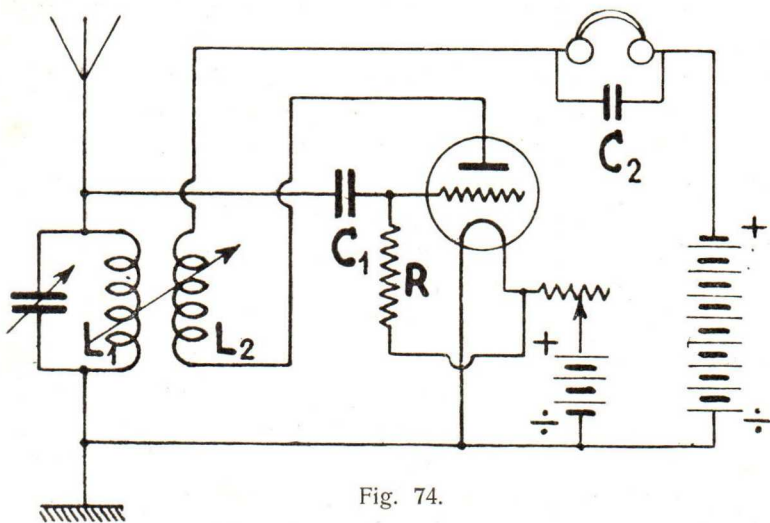


Fig. 74.

I Fig. 74 er vist den simple 1-Lampe Modtager med Tilbagekobling. Anodestrømmen ledes her gennem Tilbagekoblingsspolen L_2 , hvorfra der ved passende Kobling til Antennespolen L_1 overføres Energi til Lampens Gitter. Ved Variation

af Koblingen mellem de to Spoler kan man efter Behag faa Lampen til selv at frembringe Svingninger, saaledes at man kan modtage kontinuerlige Svingninger (C. W.), eller man kan — med noget svagere Kobling — modtage Telefoni eller Gnisttelegrafi langt kraftigere, end det vilde være muligt med en Krystalmodtager. Telefonkondensatoren C_2 er her nødvendig, idet L_2 jo skal passeres af en højfrekvent pulserende Jævnstrøm, som vilde udglattes altfor meget af Telefonen alene, men som let kan passere Kombinationen af Telefon og Kondensator.

Med en Modtager af denne Art og en god Højantenne kan man med Lethed høre Radiofoni fra et stort Antal evropæiske Stationer. Ved Tilføjelse af et eller to Trin Lavfrekvensforstærkning, kan det modtagne blive saa kraftigt, at rigelig Højtalerstyrke kan opnaaes.

Naar denne Modtager opstilles eller monteres, kan det ske, at man ved de første Modtageforsøg finder, at Signalerne svækkes i Stedet for at forstærkes, naar Spolerne L_1 og L_2 nærmes hinanden. I saa Tilfælde er Strømretningen i Spolen L_2 forkert, og de to Tilledninger til denne Spole maa da byttes.

48. Ligesom til Sendere kan man ogsaa til Modtagere benytte kapacitiv Tilbagekobling. Et Eksempel herpaa er den saakaldte Reinartz-Modtager, som en vist i Fig. 75. Spolerne L_1 og L_2 er een sammenhængende Spole, som blot er afgrænset ved a. C_2 er Afstemningskondensatoren og C_3 er Tilbagekoblingskondensator. D er en Drosselspole med mange Vindinger og ringe Kapacitet mellem disse indbyrdes. Den har ganske samme Betydning som tidligere beskrevet under Højfrekvensgeneratorer, idet den blot skal bevirke, at et pludseligt Strømstød gennem Telefon og Drosselspole bevirker et Spændingsfald paa Anoden. Denne Spændingsvariation paa virker da — gennem Tilbagekoblingskondensatoren C_3 — Svingningskredsen L_1-C_2 og dermed Lampens Gitter. Lampen bliver paa denne Maade selv i Stand til at frembringe Svingninger; men hvis man nu indstiller Tilbagekoblingskondensatoren C_3 paa en passende lille Kapacitet, saa bliver den

mellem Anode og Gitter overførte Energi saa ringe, at Svingningerne ophører, og man har da kun en kraftig Forstærkning som Resultat af Tilbagekoblingen. Den Grad af Tilbagekobling, som faar Modtageren til selv at frembringe Svingninger, kan her — saavel som ved andre Modtagere — be-

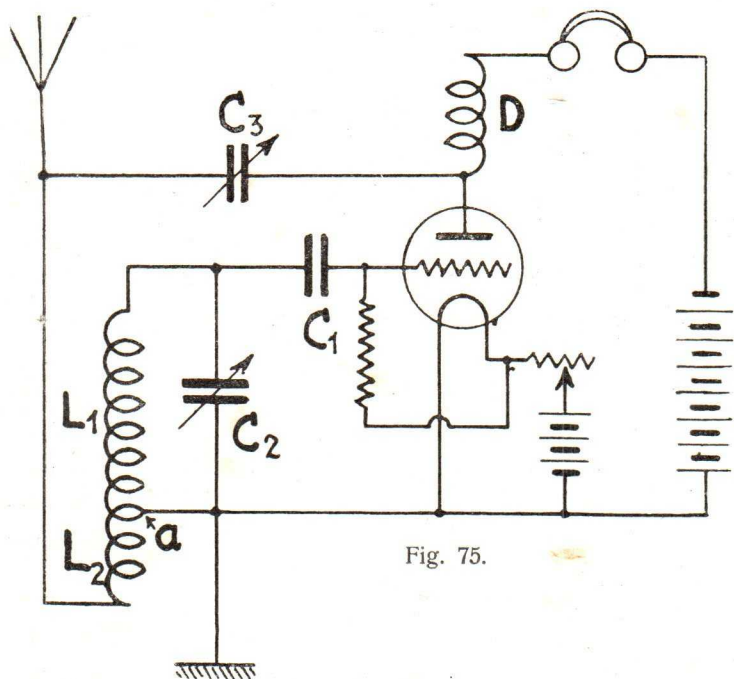


Fig. 75.

stemmes ved Lytning i Hovedtelefonen. Naar der kobles stærkere og stærkere tilbage, høres i Telefonen et tydeligt Knæk i det Øjeblik, da Lampen begynder at genere Svingninger.

De i Fig. 74 og Fig. 75 viste Tilbagekoblingsmetoder kan kombineres og modificeres paa mangfoldige Maader. Som et enkelt Eksempel ses i Fig. 76 en kombineret kapacitiv og induktiv Tilbagekobling. Man ser her, at Tilbagekoblingskondensatoren C_3 er forbundet i Serie med en Blokkondensator C_4 . Denne Kondensator er ikke nødvendig, men den sikrer Anodebatteriet mod at blive kortsluttet, hvis de to Pladesæt i Kondensatoren C_3 skulde komme til at berøre hinanden. En

lignende Sikkerhedsforanstaltning kunde naturligvis være taget i Modtageren Fig. 75.

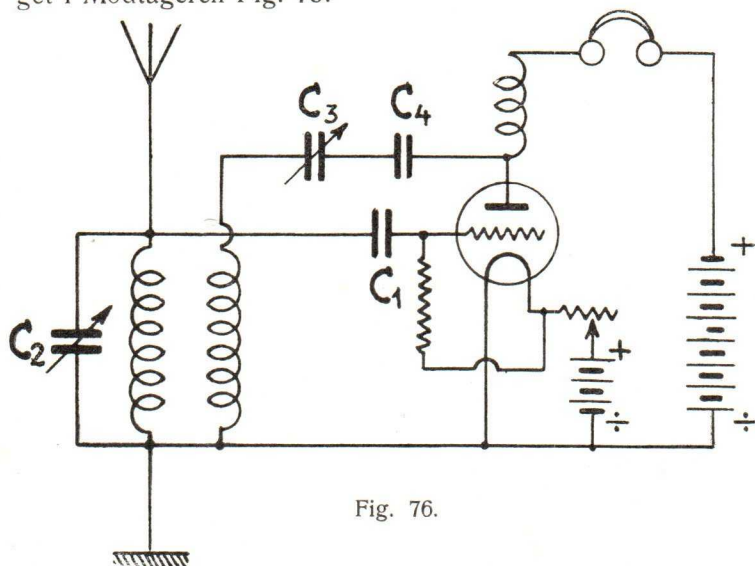


Fig. 76.

49. Antennens Tilslutning til Modtageren kan ske paa flere forskellige Maader. I Fig. 77 er f. Eks. vist tre Metoder, som alle tilsigter at forøge Modtagerens Selektivitet. I Figuren til

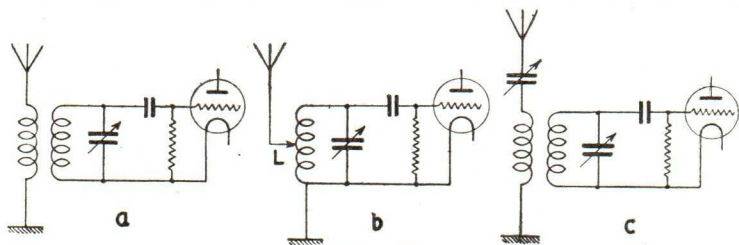
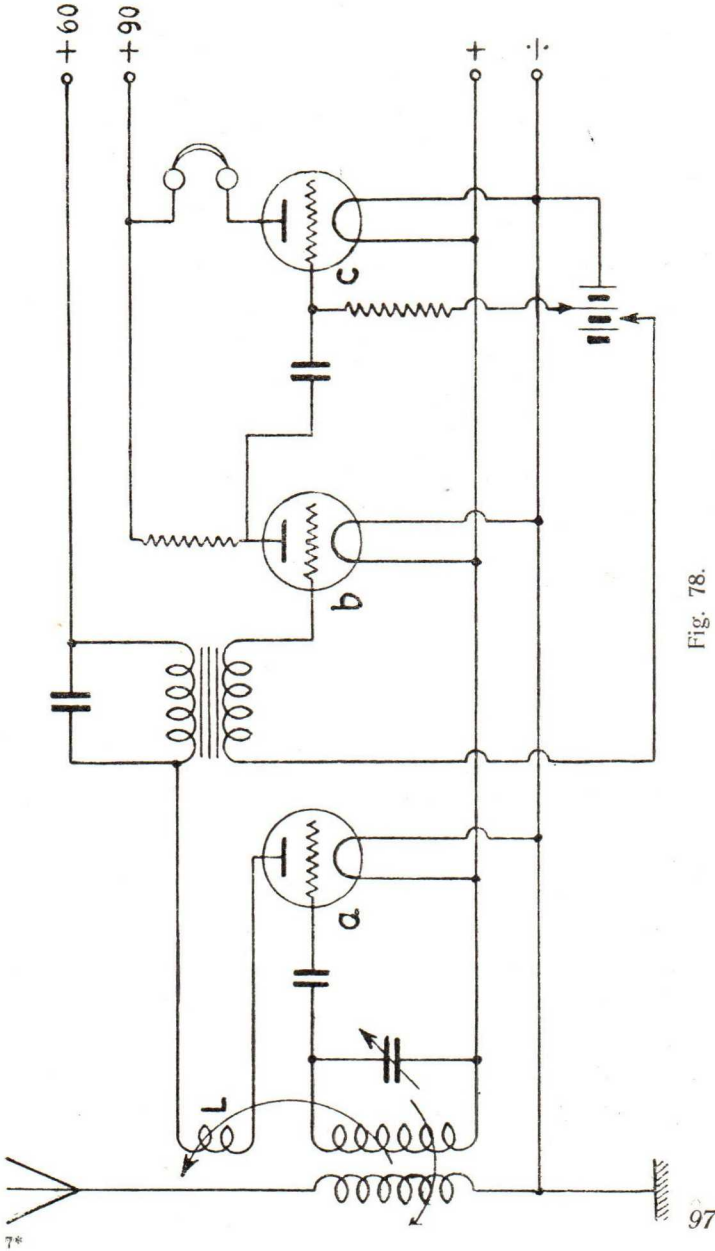


Fig. 77.

venstre (a) ses, at der ingen Afstemningsmidler findes i Antennen, og at Antennespolen blot er passende løst koblet til Lampens afstemmelige Gitterkreds. I (b) er Antennen løst koblet til Gitterkredsen, idet dennes Spole L ikke har alle sine Vindinger fælles med Antennekredsen, og endelig er i (c) vist en afstemt Antennekreds koblet til en afstemt Gitterkreds.

Denne dobbelte Afstemning er i Stand til at give en ret stor Selektivitet.



50. Modtagere som de foran beskrevne kan med Fordel benyttes sammen med en Lavfrekvensforstærker; Fig. 78 er et Eksempel herpaa. Antennen er uafstemt og koblet til Gitterkredsen for Detektorlampen a, der har Tilbagekoblingsspole L. Detektorlampen er transformatorkoblet til 1' Lavfrekvenslampe b, og denne er modstandskoblet til 2' Lavfrekvenslampe c. Koblingen mellem de to Lavfrekvenslamper b og c kunde naturligvis ogsaa ske med Transformator, hvorved Forstærkningen muligt vilde blive noget kraftigere.

51. Til langtrækkende Modtagere benyttes meget hyppigt Højfrekvensforstærkning, dog ikke saa meget modstandskoblede, som reaktans- eller transformatorkoblede Forstærkertrin. I Fig. 52 er allerede vist en Modtager med Højfrekvenslampen A_1 reaktanskoblet til Detektorlampen A_2 . I Praksis er denne Opstilling ikke helt tilfredsstillende, idet en Audionlampe, hvis Anodesvingningskreds er afstemt til samme Frekvens som dens Gitterkreds, har en udpræget Tendens til selv at frembringe Svingninger (se Fig. 60 med Tekst). Hvis „Lampen gaar i Svingning“, ødelægges Modtagelsen, idet Forstærkningen eventuelt formindskes og Gengivelsen forvrænges.

Man kalder Forstærkeren *stabil*, naar den paa en eller anden Maade er forhindret i at gaa i Svingning, og man kan til Opnaaelse af denne Stabilitet benytte sig af to principielt forskellige Metoder. Dels kan man indføre Tabsmodstande (Dæmpning) i Forstærkeren, og dels kan man ved passende Stabiliseringskondensatorer eller lignende ophæve Koblingen mellem Anode- og Gitterkreds.

I Fig. 79 er vist en meget anvendt Modtagertype, hvor Højfrekvenslampen A_1 er stabiliseret med Potentiometeret P. Ved Hjælp af dette Potentiometer kan Lampens Gitterspænding varieres ganske jævnt indenfor det Omraade, der er bestemt af Lampernes Glødespænding. Sættes saaledes Potentiometerets Skydekontakt S helt over til \div Glødebatteri, saa tager Lampen ingen — eller meget ringe — Gitterstrøm, hvorimod

man ved at flytte S over mod + faar Lampens Gitter positivt, hvorefter der flyder en ikke ubetydelig Gitterstrøm. Denne Gitterstrøm betyder faktisk en stor Dæmpning af Gittersvingningskredsen, idet de højfrekvente Strømme i denne Kreds delvis kortsluttes gennem Lampen, og Dæmpningen er tilstrækkelig til at stabilisere Forstærkeren.

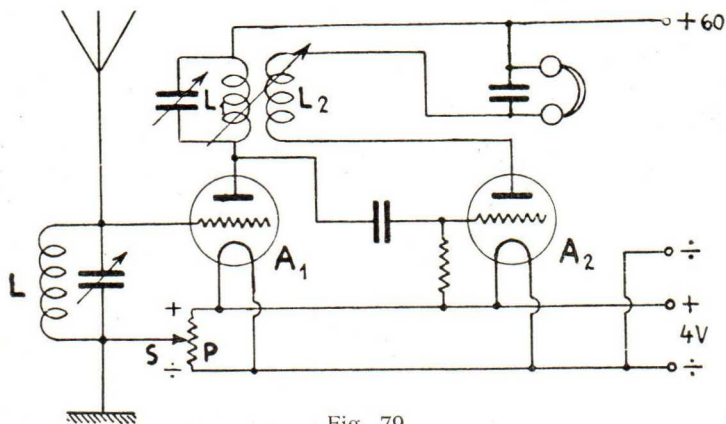


Fig. 79.

Hvis Dæmpningen i Gitterkredsen bliver for stor, vil man slet ingen Forstærkning opnaa, og man maa derfor i Praxis flytte Skydekontakten saa langt over mod +, at Lampen er lige ved at gaa i Svingning. Herved opnaaes den størst mulige Forstærkning.

En yderligere Forstærkning har man desuden opnaaet i denne Modtager (Fig. 79) ved at indføre Tilbagekoblingsspolen L_2 , som kan kobles mere eller mindre fast til „Reaktansspolen“ L_1 . Herved opnaaes, at Detektorlampen A_2 virker ganske som den tilbagekoblede 1-Lampe Modtager og giver en meget kraftig Forøgelse af Forstærkningen. Potentiometeret P i denne Opstilling bør have saa stor en Modstand, at Glødebatteriet ikke aflades kendeligt derigennem. Man vælger som Regel Modstanden mellem 400 og 800 Ohm. Den valgte Størrelse har ingen Indflydelse paa Stabiliseringen.

52. Mindre almindeligt benyttede er de i Fig. 80 viste Stabiliseringsmetoder. Modstanden R i Fig. 80 (a) maa kunne varieres mellem 50 000 Ohm og nogle Millioner Ohm, for at man altid kan regulere den ind paa et Punkt, hvor Lampen er lige ved at gaa i Svingning. Modstanden R i (b) er af Størrelsesordenen 1000 Ohm.

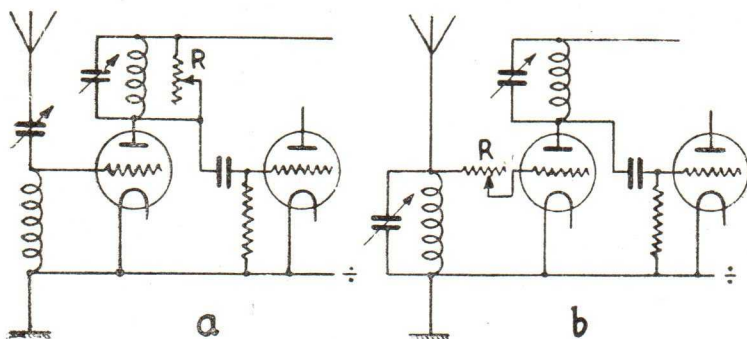


Fig. 80.

De foran behandlede Stabiliseringsmetoder har alle den Mangel, at man har indført tabgivende Modstande og derefter søger at opveje Tabene ved Tilbagekobling, d. v. s. ved at indstille Modstandene saaledes, at Lamperne er meget nær ved at gaa i Svingning. Herved kan Modtageren let komme til at gengive Tale og Musik forvrænget.

53. Ved en transformator-koblet Højfrekvensforstærker, som den i Fig. 81 viste, er det ikke umiddelbart indlysende, at Stabilisering skulde være nødvendig. Da det her kun er Lampernes Gitterkredse, der er afstemt, skulde man jo ikke tro, at de havde Tilbøjelighed til at gaa i Svingning. Man kan i Virkeligheden ogsaa gøre denne Forstærker fuldkommen stabil ved at koble Spolerne L_1 og L_2 meget løst sammen; men hvis L_1 og L_2 er nogenlunde fast sammenkoblet, saaledes som det ofte er Tilfældet i Praksis, saa virker Spolen L_2 akkurat, som om den var anbragt i den foregaaende Lampes

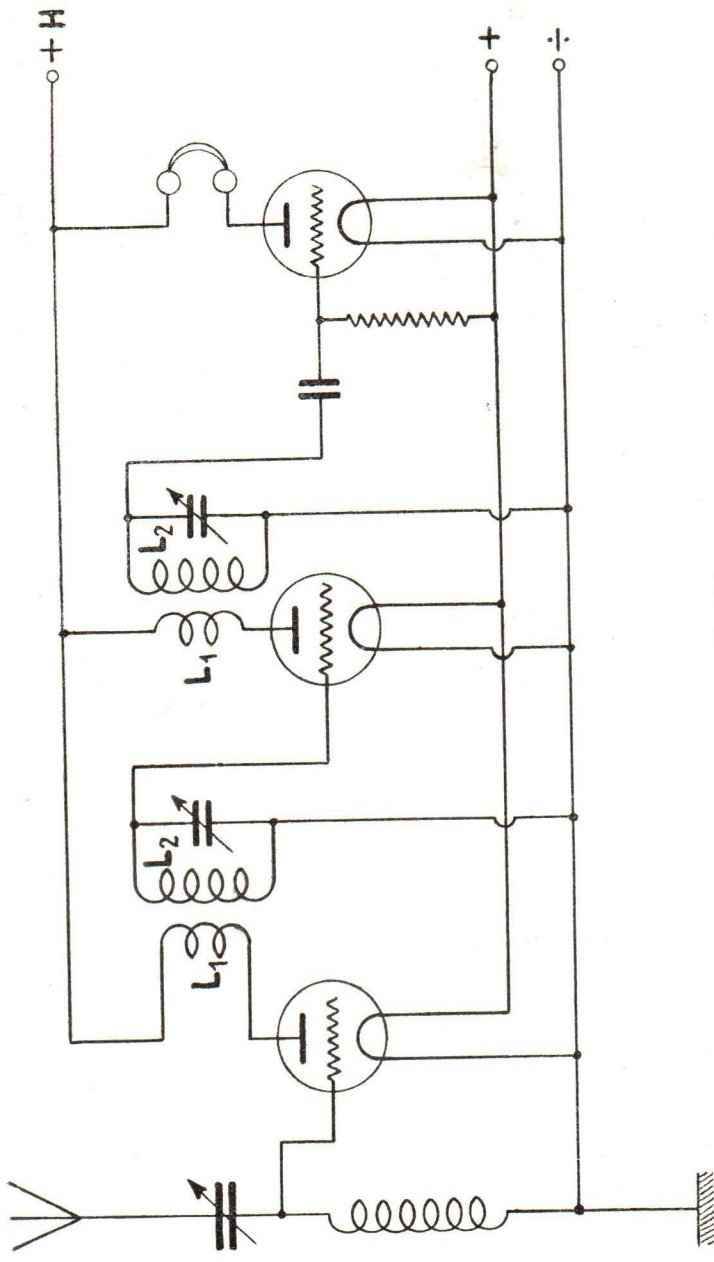
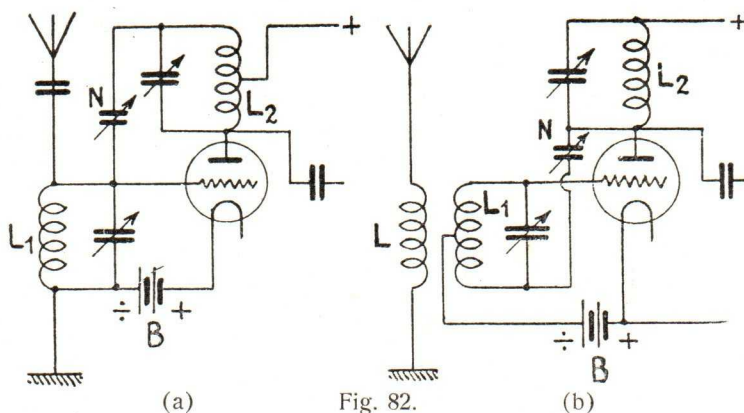


Fig. 81.

Anodekreds, og Modtageren maa da stabiliseres paa anden Maade.

54. En udmærket Stabiliseringsmetode er vist i Fig. 82 (a) og (b), hvor der er anvendt de saakaldte Neutrodyn- eller Stabiliseringskondensatorer N. Paa Tegningerne er kun vist



den første Højfrekvenslampe, men Stabiliseringen — særligt som vist i (a) — kan foretages paa ganske samme Maade paa 2' og eventuelt 3' Højfrekvenslampe. Som Regel vil man dog nøjes med to stabiliserede Højfrekvenslamper, idet Stabiliseringen bliver desto vanskeligere, jo flere Lamper der anvendes.

Paa Figuren (a) ser man, at Anodestrømmen føres til Midten af Reaktanspolen L_2 , hvis ene Ende som sædvanlig er forbundet til første Lampes Anode, medens dens anden Ende over Neutrodynkondensatoren N er i Forbindelse med Lampens Gitter.

Da Midten af Spolen L_2 altid har konstant Potential, maa Spolens ene Ende have *positiv* Spænding, naar dens anden Ende er *negativ*, og omvendt. Indstilles nu N til samme Kapacitet som den, der findes mellem Lampens Plade og Gitter, saa ser man, at de *forskellige, lige store* Spændinger paa Spolens Ender maa paavirke Gitteret lige kraftigt gennem de til-

stedeværende Kapaciteter, og den samlede Virkning paa Gitteret maa da blive Nul. Den capacitive Kobling mellem Spolerne L_1 og L_2 er altsaa ophævet, og Lampen kan ikke mere gaa i Svingning. Man ser ogsaa, at hvis Lampen slukkes, kan der ikke overføres Energi (ved kapacitiv Kobling) fra Lampens Gitterkreds til Anodekredsen, idet denne ved de to lige store capacitive Koblinger samtidig paavirkes til to, mod hinanden rettede Svingninger, saaledes at Resultatet bliver Nul. Var Neutrodynkondensatoren fjernet, vilde man derimod faa overført Energi direkte gennem Gitter-Plade Kapaciteten fra Gitterkreds til Anodekreds, og Signaler fra nærliggende Stationer vilde da kunne høres i Modtageren, ogsaa naar en af Højfrekvenslamperne var slukket.

Man benytter sig af dette Forhold til Indstilling af Neutrodynkondensatorerne. Efter at Modtageren er indstillet skarpt paa en kraftig eller nærliggende Station, tager man Glødestrømmen fra første Højfrekvenslampe, men lader Lampen blive siddende i sin Sokkel. Idet man nu stadig lytter opmærksomt i Hovedtelefonen, indstilles Lampens Neutrodynkondensator paa det Punkt, hvor Signalerne fra Senderen høres svagest eller helt er forsvunden. Neutrodynkondensatorens Stilling er da rigtig, og man kan atter tænde Lampen. Nu kan man slukke Lampe Nr. 2 og paa ganske tilsvarende Maade indstille denne Lampes Neutrodynkondensator.

Fig. 82 (b) viser en Stabilisering efter ganske det samme Princip. Kun er det Gitterspolen L_1 , hvis Midtpunkt holdes paa et konstant Potential, medens det i (a) var Anodespolen, som var forbundet paa denne Maade.

Man vil lægge Mærke til, at der i begge de viste Opstillinger er anvendt et Gitterbatteri B, som giver Lamperne en negativ Gitterforspænding. Disse Batterier er naturligvis ikke absolut nødvendige, men de bidrager til en forøget Forstærkning, da Lampens Gitter, selv under Indvirkning af Svingningsspændingerne, stadig holdes negativt elektrisk, og da man derfor fuldstændig undgaar de tabgivende Gitterstrømme.

I Fig. 83 er vist en Modtager med neutrodynstabiliseret

Højfrekvenslampe B_1 (Stabiliseringskondensator N), Detektor B_2 med Tilbagekoblingsspole L og to Trin Lavfrekvens — B_3 og B_4 . De angivne Batterispændinger gælder naturligvis kun for bestemte Lampetyper. Antennen sluttes til en af Klemmerne A_1 eller A_2 . Sluttes den til A_1 , ser man, at der mellem Antenne og Gitterkreds er indskudt en „Forkortningskondensator“ C paa c. 100 cm. Det bliver derved muligt at afstemme Indgangskredsen til en kortere Bølgelængde, end hvis Antennen gennem A_2 er direkte forbundet til Gitterkredsen. I første Tilfælde bliver Modtageren noget svagere virkende, men til Gengæld mere selektiv, end i sidste Tilfælde. Modtageren giver et stort Antal evropæiske Stationer paa Højttaler, naar en passende Antenne anvendes. Selektiviteten er ikke særlig udpræget.

55. Ønsker man større Selektivitet, kan man benytte den i Fig. 84 viste 5-Lampe Modtager, som har to stabiliserede Højfrekvenslamper, Detektor og to Lavfrekvenslamper. N er Neutrodynkondensatorerne. Denne Modtager kan særdeles godt anvendes uden Tilbagekobling, men for at forøge dens Effektivitet overfor svage, fjerntliggende Stationer, er der i Strømskemaet vist en kapacitiv Tilbagekobling, som reguleres med en ganske lille Kondensator C , eventuelt en Neutrodynkondensator. I Serie med første Lavfrekvenstransformator T_1 er indskudt en Højfrekvens-Drosselspole D uden Jernkerne for at lette Tilbagekoblingen.

I Fig. 85 ses en Modtager af denne Type. Kassen er borttaget, og man ser bag Lamperne Spolerne til de tre afstemte Svingningskredse. Disse Spoler er anbragt paa Linie, men i en saadan Skraastilling i Forhold til hinanden, at der ingen Energi kan overføres imellem dem ved Induktion. Bag Spolerne skimter man Afstemningskondensatorerne og foran Lamperne Lavfrekvenstransformatorerne. Ude til højre ses Gitterbatteriet.

Anvendte Typer af Stabiliseringskondensatorer er vist i Fig. 86 og Fig. 87.

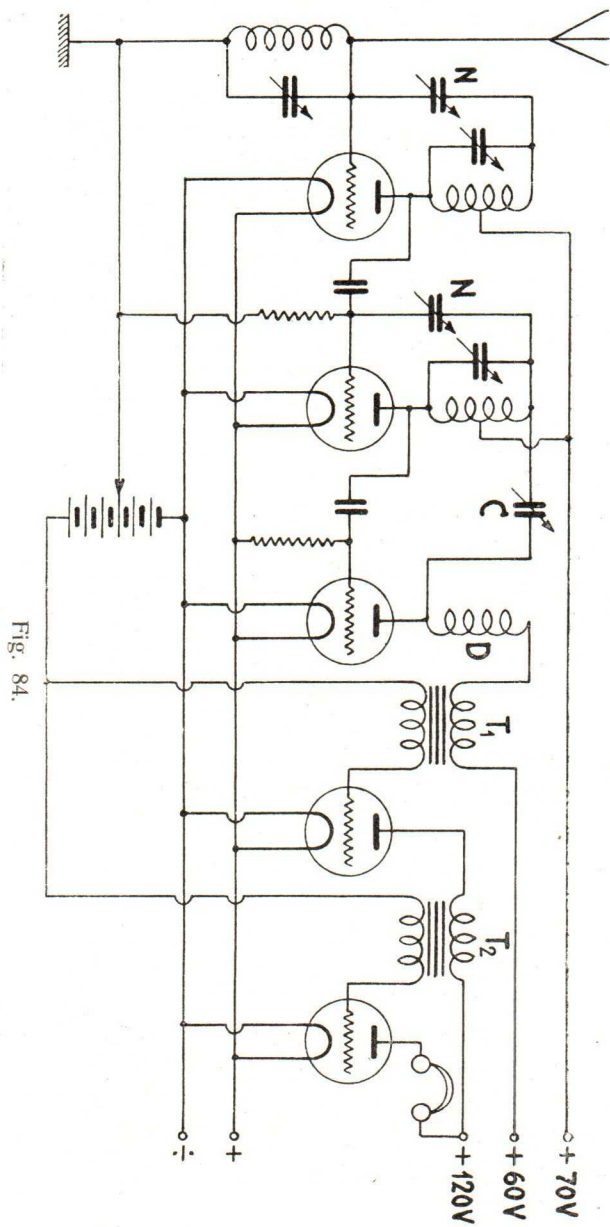


Fig. 84.

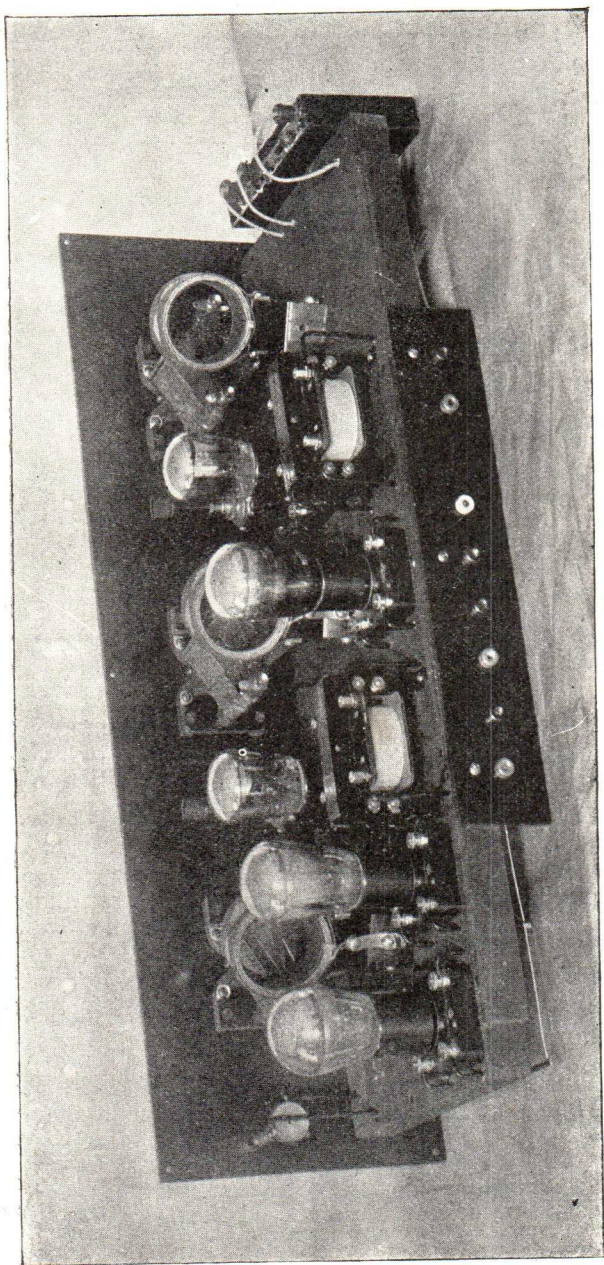


Fig. 85.

Det er ikke altid let at arbejde med en Modtager med flere Trin Højfrekvensforstærkning, idet de mange Svingningskredse hver for sig skal være rigtigt afstemt, før Signalerne høres, og hertil kommer ogsaa Vanskeligheden med at stabilisere flere Højfrekvenslamper, navnlig naar de skal afstem-

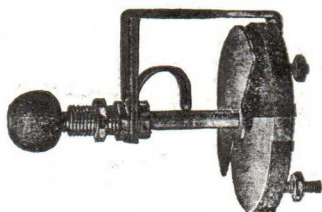


Fig. 86.

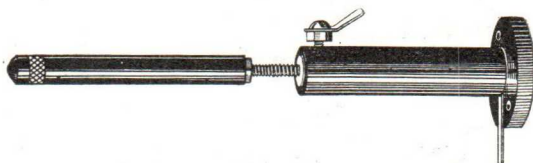


Fig. 87.

mes til kortere Bølgelængder. Til større Bølgelængder (over 1000 m) er Højfrekvensforstærkningen langt lettere at arbejde med og langt mere effektiv.

56. Dette Forhold benytter man sig af i den saakaldte „super sonic“ eller Superheterodyn Modtager (først angivet af Armstrong), hvor man omformer de modtagne Svingninger til en ny Frekvens (Mellemfrekvens), hvorefter Signalerne forstærkes højfrekvent i en Forstærker, der altid er afstemt til en bestemt stor Bølgelængde ($\lambda = 3000$ — $\lambda = 10\ 000$ m.).

I Fig. 88 er vist Principskemaet for en saadan Modtager. Antennen kan paa sædvanlig Maade være koblet til en Detektorlampe A, der kan afstemmes med Kondensatoren C_2 . Til samme Lampe er ogsaa koblet en lille Svingningsgenerator G, hvis Frekvens kan varieres ved Afstemning med Kondensatoren C_1 .

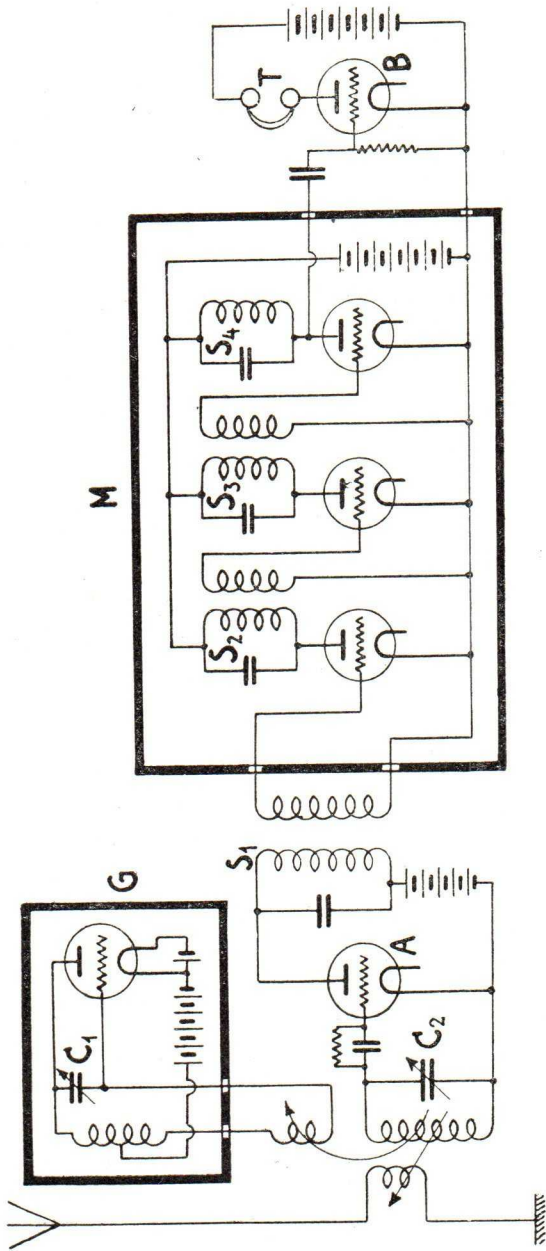


Fig. 88.

I Detektorlampens Anodekreds er der i Stedet for Telefonen anbragt en Svingningskreds S_1 , som een Gang for alle er afstemt til en bestemt Frekvens (. Eks. $\lambda = 5000$ m).

Nu afstemmes først Detektorlampens Gitterkreds med C_2 til den Bølgelængde, der skal modtages Signaler paa, og lad os antage, at de modtagne Signaler har Frekvensen F . Hvis Generatoren G frembringer Svingninger med Frekvensen f , saa ved vi, at der i Detektorlampens Anodekreds vil opstaa en pulserende Jævnstrøm med Frekvensen $F \div f$, og hvis det er Telefoni, man modtager, vil Pulsationerne veksle i Styrke i Takt med Talesvingningerne.

Ved Drejning af Kondensatoren C_1 kan Frekvensen f og dermed Stødfrekvensen $F \div f$ varieres, og denne Stødfrekvens skal nu indstilles saadan, at den falder sammen med Egenfrekvensen f_1 for Svingningskredsen S_1 . ($f_1 = 60\ 000$ naar $\lambda = 5000$ m.)

Naar dette finder Sted har man i Svingningskredsen S_1 modulerede højfrequente Svingninger med Bølgelængde 5000 m, ganske uanset hvilken Bølgelængde de indkomne Bølger havde, og Svingningerne i S_1 forstærkes nu blot i Mellemfrekvensforstærkeren M .

I Mellemfrekvensforstærkeren er alle Svingningskredsene S_2 , S_3 og S_4 fast afstemt til samme Bølgelængde, her til 5000 m. Naar Svingningskredsen S_1 nu kobles til M 's Indgangskreds, faar man de højfrequente Svingninger i S_1 kraftigt forstærkede og kan derefter tilføre dem til den 2' Detektorlampe B , hvor de paa sædvanlig Maade gengives i Telefonen T .

Denne Modtagertype er meget selektiv og meget let at betjene. Da Mellemfrekvensforstærkeren ingen Indstilling kræver, har man altsaa kun Kondensatorerne C_1 og C_2 at indstille paa. C_2 indstilles saaledes, at Detektorlampens Gitterkreds er afstemt til Frekvensen for de indkomne Bølger, og C_1 indstilles blot saaledes, at man i Telefonen T hører Signalerne kraftigst muligt.

Det indses let, at blot Mellemfrekvensforstærkeren er pas-

sende selektiv, saa er Modtageren som Helhed det ogsaa, og de to Kondensatorer C_1 og C_2 maa derfor indstilles med stor Nøjagtighed.

57. I Refleksmodtageren benyttes een eller flere Audionlamper samtidig til Høj- og Lavfrekvensforstærkning. Dette Princip er i sin simpleste Form vist i Fig. 89, hvor man ser, at Lampen først og fremmest er en Højfrekvensforstærker. De forstærkede Svingninger i Anodekredsen ensrettes af Krystal-detektoren D saaledes, at de lavfrekvente Strømme gennem-

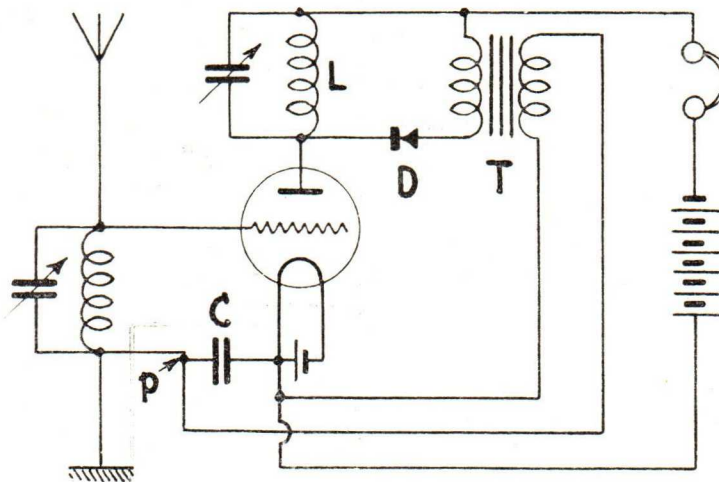


Fig. 89.

løber Primærviklingen paa Transformatoren T. Spændingen i Transformatorens Sekundærvikling overføres til Punktet p i Gitterkredsen, hvorigennem Spændingen paatrykkes selve Lampens Gitter. I Anodekredsen faaes da forstærkede Strømme gennem Telefonen T. Kondensatoren C er nødvendig til Passage for de højfrekvente Strømme i Gitterkredsen.

Refleksmodtagere har ikke vundet særlig stor Udbredelse, bl. andet fordi de er noget vanskeligere at arbejde med end andre Modtagere. Man maa vise megen Omhu for at undgaa

en lavfrekvent Tilbagekobling, der vil faa Lampen til at „hyle“.

58. Til Modtagning paa meget korte Bølgelængder — fra 10 til c. 150 m — benyttes næsten aldrig almindelig Højfrekvensforstærkning, der her ikke er effektiv nok og altfor vanskelig at betjene. Man kan her benytte en Superheterodyn Modtager som foran beskrevet, eller man kan simpelthen benytte en Detektorlampe med Tilbagekobling og et Par Trin Lavfrekvensforstærkning.

Den tidligere beskrevne Reinartz-Modtager (Fig. 75) eller en passende Modifikation af den er saaledes glimrende egnet som Kortbølgemodtager, naar blot Spoler og Kondensatorer bliver passende dimensioneret. Afstemningskondensatorens Kapacitet maa helst ikke være over 100 cm med mindre der er Finindstilling paa Kondensatoren for at kunne indstille den med tilstrækkelig Nøjagtighed.

Nødvendigheden af denne nøjagtige Indstilling forstaas let, naar man tænker sig Modtageren koblet saa haardt tilbage, at man hører Interferenstonen mellem Senderens og Modtagerens Svingninger. Er for Eksempel Senderens Frekvens $f_s = 10\,000\,000$ (altsaa $\lambda_s = 30$ m), og man regner Frekvenser op til 10 000 for hørlige, saa skal Modtagerens Frekvens altsaa ligge mellem 10 000 000 og 10 010 000 for at Interferenstonen kan høres. Hvis altsaa Modtagerens Frekvens ikke kan indstilles med en Nøjagtighed af c. 1 pro mille, kan man ikke vente at komme til at høre Senderen.

Fig. 90 viser det komplette Strømskema for en Kortbølgemodtager. Med Omskifteren x — y bringes Tilbagekoblingen til at virke paa to forskellige Maader. Den monterede Modtager ses bagfra i Fig. 91. Man lægger særlig Mærke til den gode Plads, der er mellem alle Delene, og hvordan de tre Spoleholdere er hævet op paa Ebonitstøtter for at undgaa at faa Spolerne for nær Træbunden, der kunde give Anledning til dielektriske Tab.

Ved Betjeningen af en saadan Modtager bruger man ofte lange Ebonithaandtag paa Kondensatorerne, for at ikke Haan-

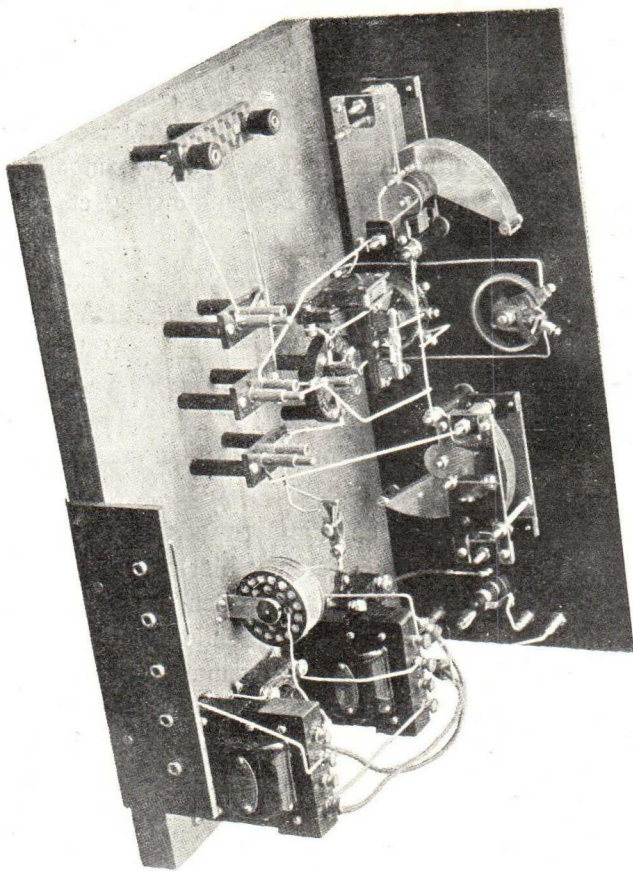


Fig. 91.

dens Kapacitet til Modtagerens enkelte Dele skal virke forstyrrende under Afstemningen („Haandkapacitet“).

Specielle Flerelektrode Lamper.

59. Allerede kort Tid efter 3-Elektrode Lampens Fremkomst begyndte man rundt om i Verden at udtænke Variationer og

Söndag

Hamburg

1200

13

Wien

14

Wien

16

Berlin

16¹⁰

Trondelag

16⁴⁰

London Mat

17⁴⁰

Helsingør II

18

London Reg

18²⁰

Paris (at Bolyer)

19³⁰

Danmark

20¹⁰

Leipzig

Philips GY 1 1200 Ocean DRDOX
- G K 1 1600 012306
- G F 3 1400 - 510,25 a/50
- G L 4 1500

5700

Forbedringer af Konstruktionen. Et af de første betydelige Resultater paa dette Omraade opnaaede man ved Konstruktionen af *Dobbeltgitter Lampen*, der kun adskiller sig fra den almindelige Audionlampe ved at have 2 Gitter i Stedet for et. Første Gitter omgiver som sædvanlig Glødetraaden, og andet Gitter omgiver det første, medens Pladen omgiver det hele.

Det yderste Gitter er „Styregitteret“ og er som sædvanlig i Forbindelse med Lapesoklens Gitterben, medens det inderste Gitter som Regel har Forbindelse til en Klemkrue paa Lapesoklens Side.

Dobbeltgitterlampen kan benyttes paa forskellig Maade. F. Eks. kan den benyttes omtrent som en almindelig Audionlampe med meget lav Anodespænding. Denne Anvendelsesmaade er illustreret i Fig. 92, der giver Diagrammet for en

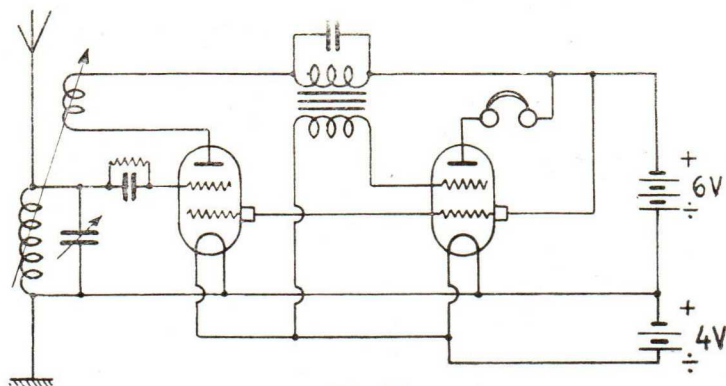


Fig. 92.

Modtager med Detektor med Tilbagekobling og 1 Trin Lavfrekvensforstærkning. Det særegne ved denne Opstilling er, at det inderste Gitter i begge Lamper faar samme Spænding som Anoden, kun + 6 Volt. Da det inderste Gitter ligger meget nær Glødetraaden, er denne positive Gitterspænding imidlertid tilstrækkelig stor til at give de fra Glødetraaden udslyngede Elektroner saa stor Hastighed, at de let passerer gennem det ydre Gitter og til Pladen. Dette er Grunden til, at man

trods den lave Anodespænding dog opnaar en betydelig Emission. Det ydre Gitter styrer paa sædvanlig Maade Elektronstrømmen.

Lader man de to Gittere bytte Rolle, saa maa det ydre Gitter og Pladen have høje Spændinger for at faa en betydelig Emission i Gang, fordi Pladens og det ydre Gitters elektriske Felt i høj Grad er afskærmet fra Glødetraaden af det indre Gitter. Til Gengæld kan man saa opnaa en meget stor Forstærkning med en saadan Lampe. En Lavfrekvensforstærker af denne Art er vist til højre i Fig. 93.

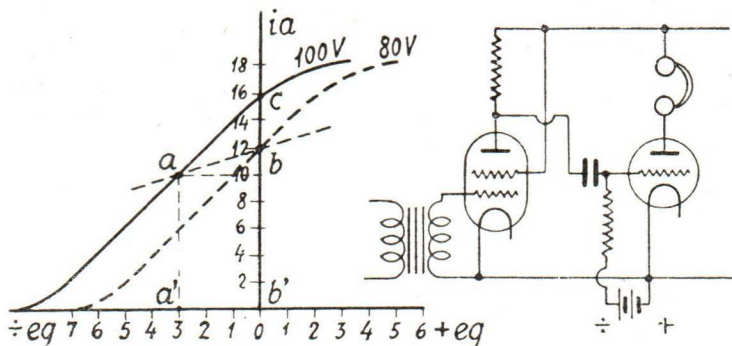


Fig. 93.

Til venstre i samme Figur er vist 100 Volts og 80 Volts Karakteristikken for en 3-Elektrode Lampe. Tænk vi os nu, at Lampen benyttes i en modstandskoblet Forstærker med en saadan Størrelse af Batterispænding og Anodemodstand, at vi ved Gitterspændingen a' netop har en Spænding paa Lampens Plade paa 100 Volt, saa vil maaske en Gitterspændingsændring fra a' til b' kun forøge Anodestrømmen fra 10 til 12 Milliamp., idet Lampens Pladespænding paa Grund af Spændingstabet i Anodemodstanden falder fra 100 til 80 Volt. Det valgte Eksempel er ganske det samme som tidligere (Fig. 47), hvor vi regnede med en Anodemodstand paa 10 000 Ohm og fandt, at den størst mulige Spændingsforstærkning var 10.

I det her behandlede Tilfælde med Dobbeltgitterlampen har

det ydre Gitter en konstant høj Spænding lig med Anodebatteriets Spænding. Lad os nu antage, at dette Gitter var saa tæt, at Pladens elektriske Felt slet ikke kunde indvirke paa Glødetraaden og dermed paa Elektronemissionen, saa viide Lampens Karakteristik altsaa være ganske den samme ved forskellige Anodespændinger. Hvis 100 Volts Karakteristikken i Figuren til venstre nu tænkes at gælde for Dobbeltgitterlampen, saa vil den samme Kurve ogsaa fremstille Karakteristikken for alle andre Anodespændinger, naar blot Spændingen paa det ydre Gitter holdes konstant.

Lader vi nu Gitterspændingen vokse fra a' til b' , saa vokser Anodestrømmen gennem Kurven fra a til c , altsaa fra 10 til 16 MA., hvilket altsaa vil sige, at Spændingstabet over en Anodemodstand paa 10 000 Ohm vokser fra 100 Volt til 160 Volt. Altsaa en Variation paa 60 Volt.

Da den tilsvarende Gitterspændingsændring kun var 3 Volt, har man altsaa opnaaet en Spændingsforstærkning paa 20, eller c. 3 Gange saa stor Forstærkning som i det foran omtalte Eksempel med 3-Elektrode Lampe (Fig. 47).

Lampekarakteristikkerne og den valgte Anodemodstand svarer imidlertid ikke helt til de i Praksis benyttede Dele. I Virkeligheden kan man med et modstandskoblet Dobbeltgitterrør og med Anodemodstande paa omtrent 1 Megohm opnaa en Spændingsforstærkning paa indtil 150, naar alle Forhold er rigtigt dimensioneret.

I en saadan Forstærker kan selv svage Afledningsfejl virke ødelæggende paa den store Forstærkning.

Manfred von Ardenne har konstrueret Forstærkere af denne Art, hvor alle Elektroder, Anodemodstande, Gitterkondensatorer og Gitterafledninger til 2 eller 3 Forstærkertrin er indbygget i den samme lufttomme Beholder (Löwe Rør). En saadan Flertrinsforstærker, der giver en meget kraftig Forstærkning, fremtræder udadtil som en enkelt Lampe, dog med mange Kontaktben — eller Kontaktfjedre.

N. V. Philips Glødelampefabrik i Eindhoven (Holland) har konstrueret Dobbeltgitterrør og Lamper med tre Gitter, hvor-

med man opnaar Forstærkningsfaktorer paa 100 til 150, og som er specielt bygget enten til Høj- eller Lavfrekvensforstærkning.

Endelig findes der i Handelen de saakaldte Flertrinsrør, hvor der i samme lufttomme Beholder er indbygget 2 eller 3 komplette Elektrodesæt til almindelige Audionlamper — eventuelt med fælles Glødetraad. Disse Rør er som Regel billigere, end et tilsvarende Antal almindelige Audionlamper.

En særlig Form for 3-Elektrode Lampen er „Dynatronen“, som kun i det rent konstruktive og i Virkemaade adskiller sig fra den almindelige Audionlampe. Man giver „Dynatronen“ en meget høj positiv Gitterspænding; som Regel en Del højere end Pladespændingen, og man opnaar da, at Elektronerne rammer Pladen med saa stor Hastighed, at der slaaes andre Elektroner løse fra Anoden (sekundære Elektroner).

Da Gitteret har den højeste positive Spænding, tiltrækker det de sekundære Elektroner, og man kan da i en af Strømbanerne faa tilvejebragt en negativ Modstand, hvor forøget Strøm giver formindsket Spænding. Da Dynatronen ikke har faaet nogen nævneværdig Betydning i Modtagerteknikken, skal den ikke nærmere omtales her.

Modtagere og Stærkstrøm.

Farer ved Anvendelse af Stærkstrøm i Modtagere.

60. Paa Grund af de ikke smaa Udgifter til Fornyelse af Anodebatteriet og Opladning af Glødestrømsakkumulatoren, er det blevet mere og mere almindeligt at anvende baade Jævnstrøm og Vekselstrøm fra den almindelige Lysinstallation til Modtagerens Energiforsyning. Strømmen kan ikke i noget Tilfælde anvendes, som den kommer fra Stikkontakten. Selv Jævnstrømmen er svagt pulserende og maa derfor ved Hjælp af Drosselspole og Kondensatorer udglattes før Anvendelsen, da man ellers i Telefon og Højtaler vil høre en stærk Summen.

Skal Vekselstrøm benyttes som Anodestrømskilde, bliver Strømmen først omsat til andre Spændinger i en Transformator og derefter ensrettet og udglattet. Man undgaar her den direkte Forbindelse mellem Modtager og Lysnet, medens en saadan Forbindelse ikke kan undgaas ved Benyttelse af Jævnstrøm, hvorfor man her maa træffe særlige Foranstaltninger for at undgaa at slutte Lysnettet til Jord. Iøvrigt maa der baa-
de ved Konstruktion og Anvendelse af saadanne „Eliminatorer“ udvises Omtanke og Forsigtighed, for at der ikke skal afstedkommes Ulykker. Ved Lysinstallationer paa Jævnstrømsnet maa man saaledes huske paa, at enten Plus- eller Minuspølen ofte er forbundet til Jord, og alt eftersom det er den ene eller anden Pol, der er jordforbundet, kan der paa to Maa-

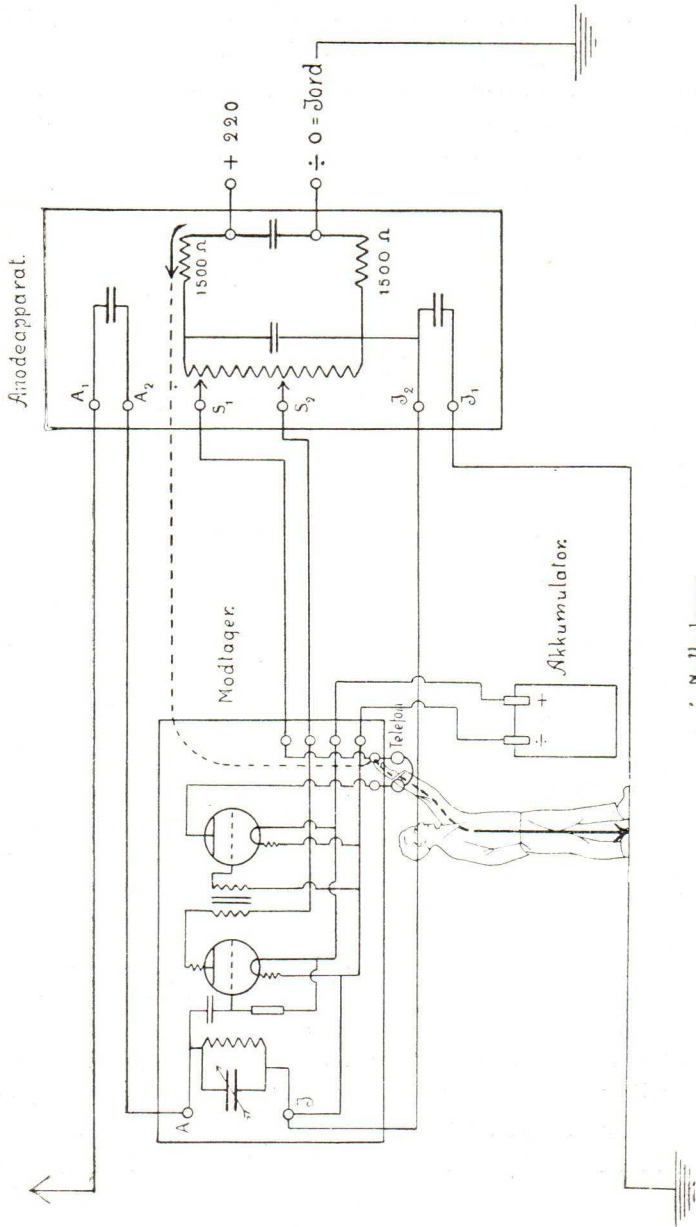
der opstaa Fare for en Person, der berører forskellige Dele af Modtageren, hvis vedkommende har god Kontakt til Jord (f. Eks. gennem en Telefonledning, et vaadt Gulv eller lignende).

I Fig. 94 er vist en Modtager, som er sluttet til et forskriftsmæssigt udført Anodeapparat med Jævnstrømsforsyning 220 Volt. Lysnettets Minuspol er den jordforbundne Leder.

Angaaende selve Anodeapparatets, da ser man, at Strømmen, som tænkes taget fra en almindelig Stikkontakt, først udglattes af en Blokkondensator, derefter ledes gennem to Modstande eller Drosselspoler, hver med en Modstand paa 1500 Ohm, for yderligere at udglattes af en Kondensator, før den sluttet gennem en Potentiometermodstand med Skydekontakter S_1 og S_2 . Fra S_1 og S_2 aftages de forskellige Anodespændinger til Modtageren. Anodespændingens Minuspol er Klemskruen I_2 . Man ser, at baade Antennen og Jordledningen er ført over faste Kondensatorer i Anodeapparatet til Modtageren, idet man herved undgaar, at Lysnetstrømmen kan ledes til Jord ved Antennebrud eller andre tilfældige Hændelser.

Det ses imidlertid let af Tegningen, at en Person, som har god Forbindelse til Jord, ved Berøring af en Telefonbøsning vil blive udsat for omtrent den fulde Netspænding, idet der mellem Stikkontakten og ham kun findes en Modstand paa 1500 Ohm.

Er Modtageren opstillet i et tørt Værelse med et godt isolerende Gulv, vil denne Hændelse naturligvis kun kunne finde Sted, hvis Manden samtidig med, at han berører en Telefonbøsning, ogsaa kommer til at berøre en blank jordforbunden Ledning. Dette Tilfælde kan f. Eks. indtræffe ved Berøring af en elektrisk Bordlampe eller Telefon med Isolationsfejl. Ligeledes ved Berøring af Jordledningen til Modtageren, hvis denne Ledning ikke er godt isoleret. Rører man samtidig ved en Telefonbøsning og ved en af Akkumulatorledningerne, er man ligeledes udsat for den fulde Netspænding, dog i Serie med ialt 3000 Ohm. Trods disse Seriemodstande paa henholdsvis 1500 og 3000 Ohm er den Strøm, man kan komme til at tage, dog *livsfarlig*. En Isolationsfejl i Hovedtelefonen



† Mullederen.
Fig. 94.

vil i de foran nævnte Tilfælde kunne blive skæbnesvanger.

Som Midler mod de her nævnte Faremomenter kan nævnes: Ingen strømførende Dele i Modtageren maa være tilgængelige udefra. Benyttelse af Højttaler i Stedet for Hovedtelefon og endelig Anvendelse af en Udgangstransformator (til Telefon eller Højttaler) med absolut sikker Isolation mellem Primær- og Sekundærvikling.

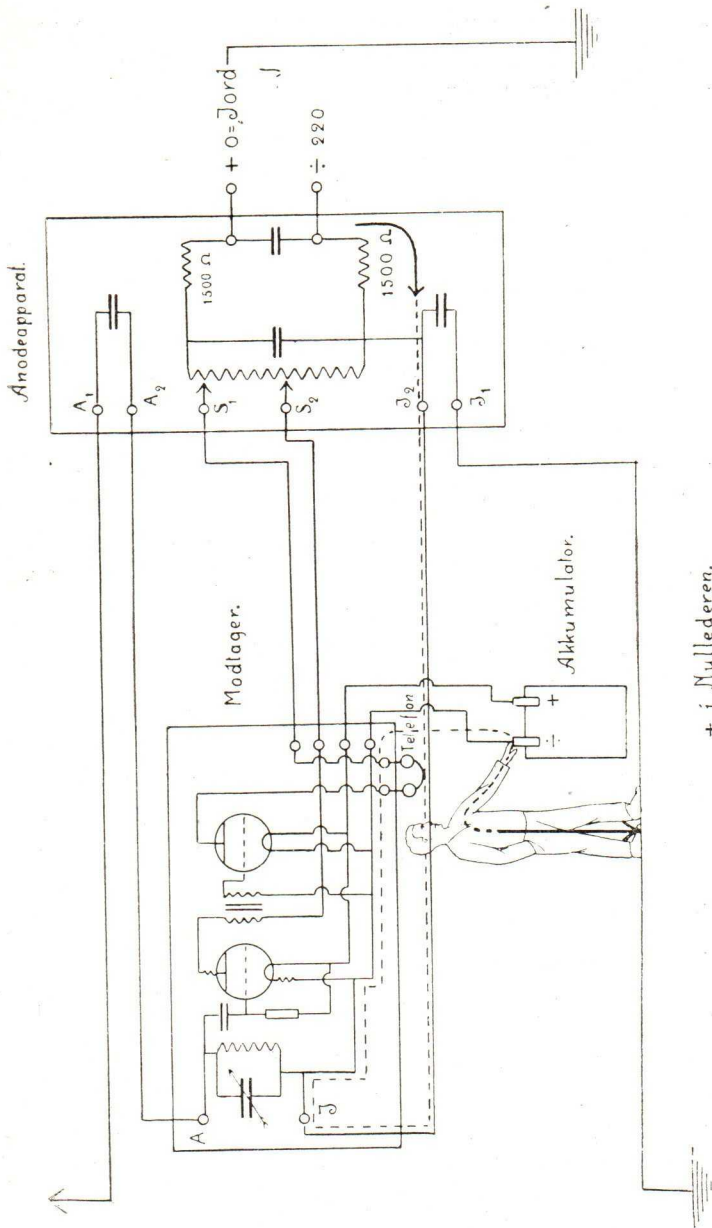
I Fig. 95 er den samme Opstilling vist; blot er det her Lysnettets Pluspol, der er forbundet til Jord. Man ser, at det her er tilstrækkeligt blot at berøre en af Akkumulatorklemmerne, hvis man staar paa et godt ledende Gulv, for at faa en maa-ske dræbende Strøm gennem sig. En Berøring af Telefonbøsningerne alene vil derimod være ufarligt, medens en samtidig Berøring af Telefonbøsninger og en Akkumulatorklemme kan være livsfarlig.

Begge de viste Eksempler maner til Omtanke ved Installation af en Jævnstrømseliminator. Man maa ogsaa huske, at selve Antennetilledningen kan blive jordforbundet, hvis Antennen blæser ned. Man bør derfor altid tage følgende Forsigtighedsforanstaltninger, selvom Modtageren er installeret i et fuldkommen tørt Rum:

- 1) Antenne- og Jordtilledning maa være godt isolerede fra Indføringen i Værelset til Modtageren.
- 2) Antenne- og Jordtilledningen skal altid føres over Blok-kondensatorerne i Anodeapparatet.
- 3) Modtageren bør ikke have tilgængelige strømførende Metaldele.
- 4) Modtageren bør være forsynet med Udgangstransformator eller en lignende Anordning, som hindrer, at Højttaler eller Telefon udsættes for Jævnspændingen.
- 5) Man maa sikre sig, at Elektricitetskommissionens Forskrifter for Anvendelse af Stærkstrøm i Radiomodtagere er nøje overholdt.*)

I Stedet for Udgangstransformatorer kan man benytte den

*) Se Elektricitetskommissionens Forskrifter: Cirkulære 5.



+ i Nullederen.
Fig. 95.

i Fig. 96 viste Anordning for at undgaa at faa Jævnstrømmen gennem Højtaleren. Denne vil i den viste Opstilling gennemløbes af rene Vekselstrømme.

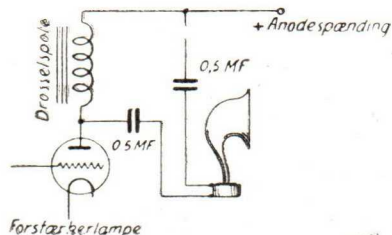


Fig. 96.

Anvendes en Vekselstrømseliminator til Anodestrømsforsyningen, saa bortfalder de foran nævnte Faremomenter, naar blot Vekselstrømmen fra Lysnettet bliver omtransformeret i en Transformator med fuldstændig adskilte og indbyrdes godt isolerede Viklinger. For at undgaa, at den ensrettede Vekselstrøm dog faar den ene Pol jordbundet, bør der indskydes en Blokkondensator i Modtagerens Jordledning.

Man kan ogsaa paa andre Maader ved Behandling af Radiomodtagere komme i Berøring med Lysnettet. Som bekendt benyttes Lysnettet ofte som Antenne, idet man i en Stikkontakt indsætter en Antenneprop, som bestaar af en Kondensator med høj Gennemslagsspænding. Den ene Belægning paa denne Kondensator har Forbindelse til det Kontaktben, der indsættes i Stikkontakten, og den anden Belægning har Forbindelse til Modtageren. Hvis denne Kondensator slaar igennem, udsættes Modtageren for Netspændingen, eller der sker en direkte Kortslutning til Jord gennem Modtagerens Jordledning.

Hvis man oplader Akkumulatører direkte fra et Jævnstrøms-Lysnet med Benyttelse af Lamper som Forlagsmodstand som vist i Fig. 97, ser man, at det ikke er ligegyldigt, i hvilken Ledning Lamperne indskydes. Lamperne skal indskydes i den af Lysnettets Ledninger, der *ikke* er jordforbundet, da Akkumulatoren ellers faar hele Netspændingen i Forhold til Jord.

Det indses ogsaa let, at selv om man har foretaget den rigtige Forbindelse, som vist til venstre i Fig. 97, saa vil Akkumulatoren dog blive udsat for den fulde Spænding i Forhold til Jord, hvis den jordforbundne Ledning tages fra eller tilfældigt brydes, idet Lampen naturligvis intet Spændings-tab giver, naar der ikke gaar nogen Strøm igennem den.

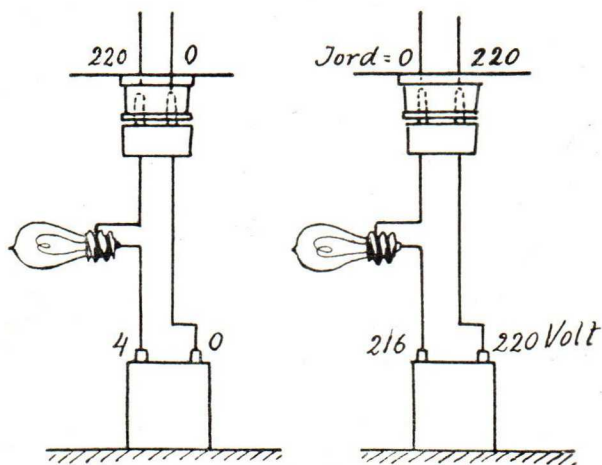


Fig. 97.

Den praktiske Anvendelse af Stærkstrøm.

61. Jævnstrøm fra Lysnettet anvendes let til Anodestrøm, idet Strømmen blot skal „udglattes“, altsaa befries for de smaa Pulsationer, der altid forefindes. For at kunne aftage forskellige Spændinger til Højfrekvens-, Detektor- eller Lavfrekvenslamperne ledes Strømmen gennem et Potentiometer med forskellige Aftrapninger. I Fig. 98 er skematisk vist en saadan Jævnstrømseliminator.

De to Ledninger, der kommer fra venstre, tilsluttes Lysnettet, og de indeholder straks, som man ser, to Modstande hver paa 1500 Ohm. Disse Modstande er foreskrevet af Elektricitetskommissionen for at formindske Faren ved Overgang el-

ler Gennemslag i den øvrige Del af Eliminatorens eller Modtageren. Det skal dog bemærkes, at Modstandene gerne maa være selve Drosselspolerne, som da maa indskydes i hver sin Ledning. Udglatningen foregaar ved Hjælp af Drosselspolerne L_1 og L_2 , hver paa 20—30 Henry og ved Kondensatorerne

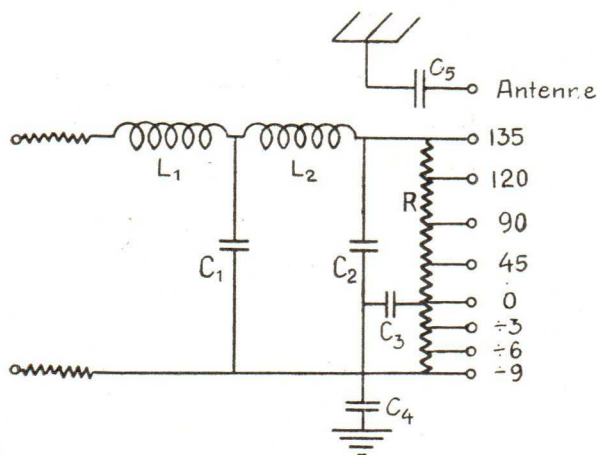


Fig. 98.

C_1 og C_2 paa henholdsvis 2 og 4 Mikrofarad. Strømmen ledes nu gennem Modstanden R , der har flere Aftrapninger, for at man kan aftage passende Spændinger til Modtageren. De smaa Aftrapninger for neden giver de nødvendige Gitterforspændinger. Hver Anodeaftrapning skal gennem en Kondensator paa mindst 1 Mf. være forbundet til Aftrapning 0, da Lamperne i Modtageren ellers let kommer til at virke som indbyrdes modstandskoblede. Disse Kondensatorer er for Oversigtens Skyld ikke vist paa Tegningen.

Skal Modtageren bruge 135 Volt, maksimalt plus en Gitterforspænding paa 9 Volt, kan Modstanden dimensioneres ud fra følgende Betragtninger: Med en Netspænding paa 220 Volt maa Drosselspolerne med de foreskrevne Modstande alt-saa give et Spændingstab paa $220 \div 144 = 76$ Volt. Strøm-

men i Kredsløbet findes da af Ohms Lov: $I = \frac{76}{3000} = \text{c. } 25$ Milliamp.

Antager vi nu, at Modtagerens Lavfrekvenslamper bruger tilsammen 10 M. A., saa ser vi, at denne Strøm aftages fra Klemme 135 uden at passere selve Modstanden. Dog passeres Modstandsstykket fra $\div 9$ til 0 af samtlige 25 MA., idet Punktet 0 jo forbindes til Modtagerlampernes Glødetraad. Modstanden fra $\div 9$ til 0 faaes da af

$$R = \frac{9 \cdot 1000}{25} = 360 \text{ Ohm}$$

Den øvrige Del af Modstanden gennemløbes af højst 15 Milliamp., hvilket skulde give et Spændingsfald paa 135 Volt. Heraf faaes

$$R_1 = \frac{135 \cdot 1000}{15} = 9000 \text{ Ohm}$$

Imidlertid maa det huskes, at de 15 Milliampere kun gennemløber en Del af Modstanden, og denne vil derfor som Regel kunne vælges en Del højere; undertiden helt op til 50 000 λ . Modstanden fra 0 til $\div 9$ maa da forøges i samme Forhold.

Da Spændingsfaldene baade i Drosselspolerne og i Modstanden R er afhængig af Belastningen, kan der ikke gives bestemte Regler for Aftrapningerne. Hvis disse er variable, altsaa formet som Skydemodstande, kan enhver ønskelig Spænding opnaaes.

Eliminatorens kan ogsaa, som det ses af Fig. 99, benyttes til Lampernes Glødestrømsforsyning. Lamperne forbindes da i Serie, for at man kan holde Strømmen under de 25 Milliampere, og den samlede Modstand fra Klemmen $\div G_2$ til 180 inklusive Modstanden i Lampernes Glødetraade maa da give det foran omtalte Spændingsfald paa 144 Volt. Lampernes negative Gitterforspændinger tilvejebringes i dette Tilfælde ved passende Seriemodstande mellem Glødetraadene (R_1 og

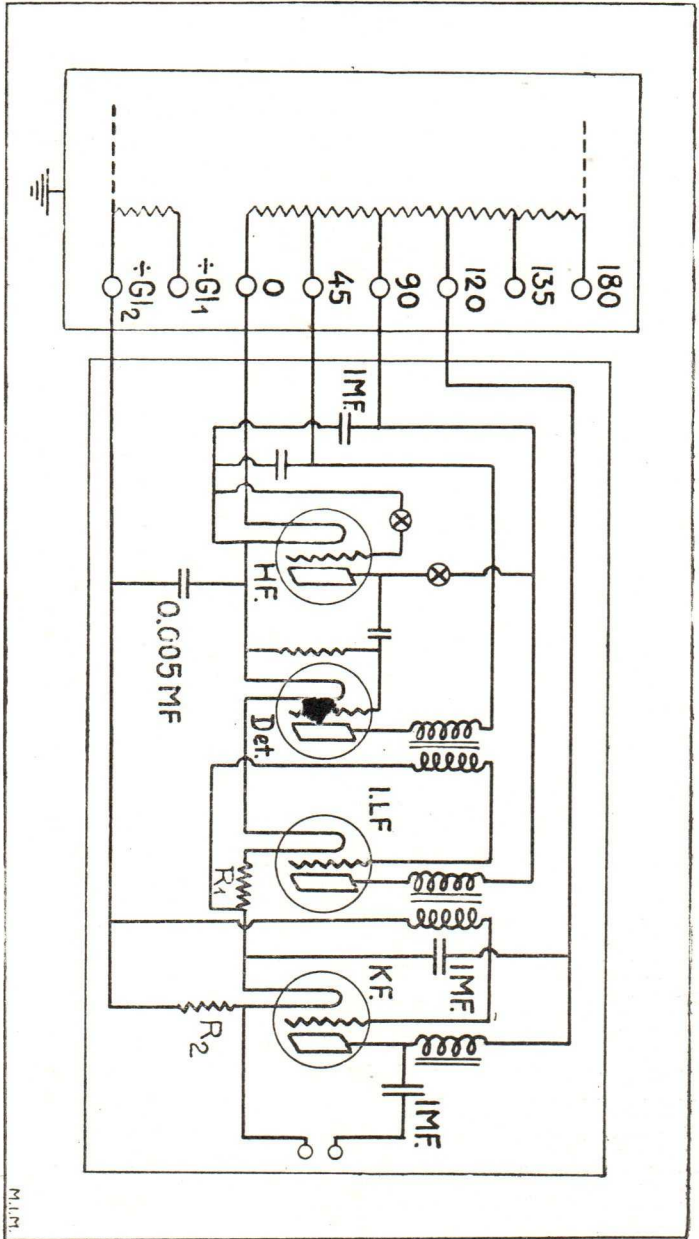


Fig. 99.

M.L.M.

R_2). Er i det foreliggende Tilfælde Lampernes Glødestrømsforbrug 0,01 Ampere (de skal selvfølgelig alle have samme Glødestrøm), og skal Gitterforspændingen være 6 Volt, saa findes:

$$R_1 = R_2 = \frac{6}{0,01} = 600 \text{ Ohm}$$

Som foran vist i Fig. 98 skal baade Antenne- og Jordledning paa deres Vej til Modtageren føres over Blokkondensatorer (C_4 og C_5) for at undgaa eventuel Afledning til Jord. Disse Kondensatorer er indbygget i Eliminatoren, som er forsynet med Klemskruer til disse Forbindelser.

Skal man til Anodespænding benytte Vekselstrøm fra Lysnettet, saa maa denne Strøm naturligvis først ensrettes og derefter udglattes meget effektivt med Spoler og Kondensatorer.

Til Ensretningen benyttes saa godt som altid dobbeltvirkende Ensretterrør; d. v. s. Lamper med en Katode og to Anoder. Katoden kan være glødende, og Lampen ensretter da med et ganske minimalt Spændingstab, men der findes ogsaa Ensretterrør med kold Katode, og saadanne Lamper kræver da en betydelig Tillægsspænding til Overvindelse af det indre Spændingsfald i Lampen. Til Gengæld sparer man saa Glødestrømmen.

Af Hensyn til Sikkerheden — og ogsaa for at kunne udnytte den dobbelte Ensretning — maa Vekselstrømseliminatorer altid forsynes med en Indgangstransformator, hvis Primærvikling tilsluttes Lysnettet. Denne Transformator maa være saa godt isoleret, at Gennemslag fra Primær- til Sekundærvikling er udelukket.

I Fig. 100 er vist en komplet Vekselstrømseliminator med alle Størrelser af Kapaciteter og Selvinduktionen anført. Der er her tænkt anvendt en Ensretterlampe med glødende Katode og to Anoder, for at man kan udnytte begge Periodehalvdele.

Indgangstransformatoren har to Sekundærviklinger, begge med Midtpunktsudtagning. Den ene af Viklingerne giver Strøm til Katoden, der som Regel kræver ca. 4 Volt, og den anden

Vikling leverer med hver Halvdelen den Spænding, man ønsker ensrettet. Den ensrettede Strøm er i sig selv stærkt pulserende, men kan glattes fuldstændigt ud med de viste Spoler og Kondensatorer. Modstanden R er en Spændingsdeler med Aftrapning til forskellige Anode- og Gitterspændinger.

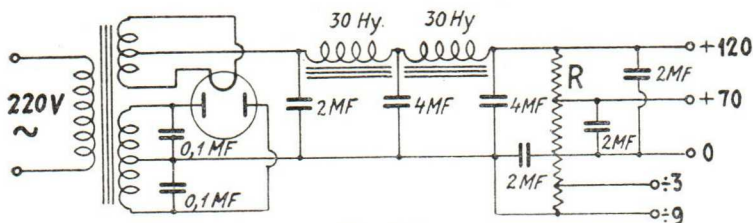


Fig. 100.

Man maa her benytte Drosselspoler, der er i høj Grad kapacitetsfrie, da Pulsationerne ellers vil gaa igennem til Potentiometeret.

Til de almindelige i Handelen værende Audionlamper er det vanskeligt at benytte Vekselstrøm som Glødestrøm. Der findes imidlertid ogsaa Lamper, hvortil Vekselstrømmen kan benyttes, og i saa Fald kan man forsyne Eliminatorens Indgangstransformator med endnu en Sekundærvikling, der kan give en passende Glødespænding. Denne Vikling maa da ogsaa have Midtpunktsudtagning.

Angaaende Benyttelse af Stærkstrøm til Radio Modtagere henvises iøvrigt til Elektricitetskommissionens Cirkulære Nr. 5.

62. Til Opladning af Akkumulatorer fra Vekselstrømsnet benyttes som Regel ogsaa dobbeltvirkende Ensretterør. Strømskemaet for en saadan Ladeensretter er vist i Fig. 101, medens selve Ensretteren er vist i Fig. 102. Ensretningen foregaar paa sædvanlig Maade og kræver ingen Kommentarer. I den ene af Batteriledningerne er som Regel indskudt en Forlagsmodstand R, bestaaende af en tynd Jerntraad i en Brintatmosfære. Som bekendt stiger Jerntraadens Modstand stærkt med Temperaturen, og den vil derfor holde Ladestrømmen

mellem bestemte ret snævre Grænser, selv om Batterispændingen varierer stærkt. En saadan Ensretter kan f. Eks. til-

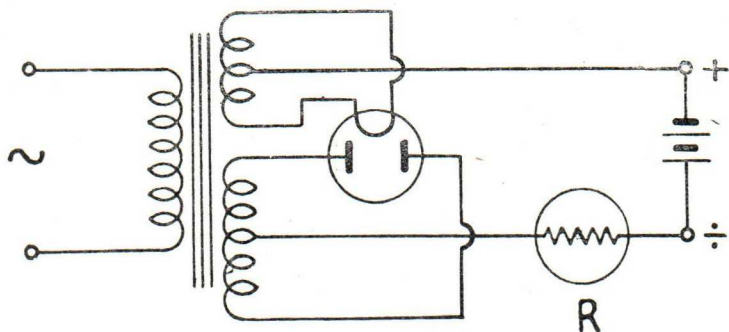


Fig. 101.

sluttes et 2 Volts eller et 12 Volts Akkumulatorbatteri, uden at Ladestrømmen varierer mere end f. Eks. fra c. 1,3 til 0,9 Ampere.

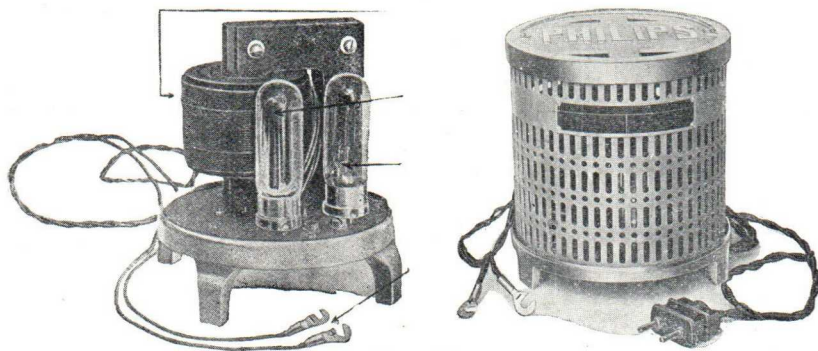


Fig. 102.

63. Til Opladning benyttes ogsaa mekaniske Ensrettere med en i Takt med Periodetallet svingende Kontaktfjeder. Princippet i en saadan Ensretter er vist i Fig. 103. Her er M en permanent Magnet i skæv Hesteskoform med Sulpolen S. Paa Nordpolen er anbragt en Spole med Jernkerne N og denne Spole gennemløbes af Vekselstrømmen fra Lysnettet

eller fra Vekselstrømsgeneratoren G. Paa Magnetens Sydpol er fastgjort en Staal-fjeder F, som sættes i en svingende Bevægelse, naar Vekselstrømmen gennemløber Spolen, idet Fjederens lille Anker tiltrækkes svagere eller stærkere, alt efter

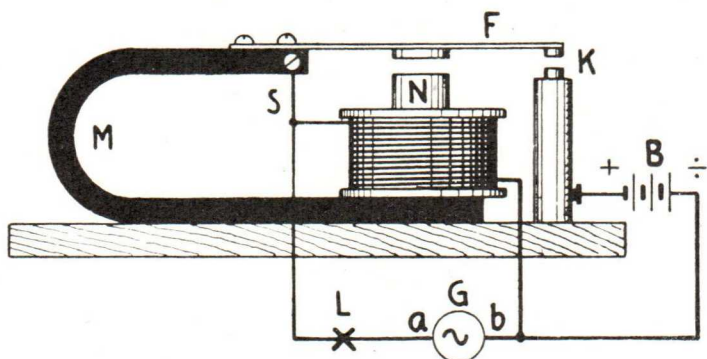


Fig. 103.

den øjeblikkelige Strømretning i Spolen. Fjederen er dimensioneret saaledes, at dens mekaniske Egetsvingningstal svarer til Periodetallet for den Strøm, der skal ensrettes, og den vil derfor kunne udføre kraftige Svingninger for selv en ret svag Strøm gennem Spolen.

Hver Gang Fjederen svinger nedefter, hvilket vi tænker os sker i de Øjeblikke, da Generatorsiden a er positiv, saa slutes Kontakten K, og man har da et sluttet Kredsløb fra a over L — F — K til Batteri og derfra videre til b, saaledes at Batteriet B oplades af et kortvarigt Strømstød. I næste Øjeblik skifter Strømretningen fra Generatoren, men Fjederen F svinger da tilvejs og afbryder ved K det Strømstød, der ellers vilde aflade Batteriet. Drives Ensretteren af Vekselstrøm med Periodetallet 50, vil Batteriet altsaa oplades med 50 kortvarige Strømstød i Sekundet. L er en Modstand, f. Eks. en Lampe, der sikrer Batteriet mod at blive opladet med altfor kraftige Strømstød.

Disse mekaniske Ensrettere kan være vanskelige at faa til

at arbejde over større Tidsrum uden Tilsyn, og de fortrænges derfor mere og mere af Ladeensrettere med Ensretterør.

64. Elektrolytiske Ensrettere har ogsaa haft og har stadig nogen Udbredelse, men ogsaa til disse er der knyttet forskellige Ulemper.

En af de mest kendte er Aluminiumensretteren, hvis Elektroder bestaar af Aluminium og Jern i en Alunopløsning eller lignende. Strømmen kan passere gennem Cellen fra Jern til Aluminium, men ikke i modsat Retning, naar da ikke Spændingen stiger over en bestemt Værdi, som er afhængig af Elektrolyttens Koncentration. Ved en svagt koncentreret Elektrolyt taaler Ensretteren de højeste Spændinger, men faar ogsaa større indre Modstand. Jernelektroden kan iøvrigt erstattes med Kul og ogsaa Elektrolytten kan varieres paa forskellig Maade.

Denne Ensretter er anvendelig til — og kræver ogsaa ret høje Spændinger. I Fig. 104 er vist en særdeles brugbar Modi-

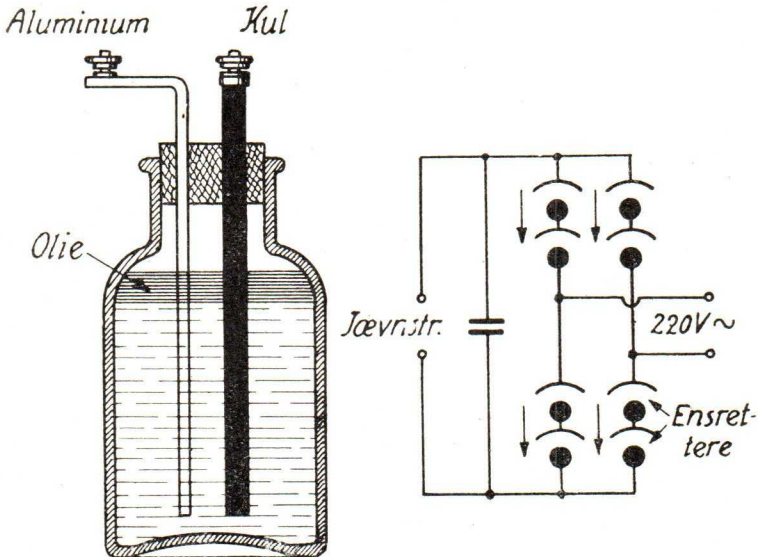


Fig. 104.

fikation sammen med et Strømskema for Udnyttelse af begge Periodehalvdele ved Anvendelse af 8 Ensretterelementer.

Hver enkelt Celle bestaar af en Kulstang og en Aluminiumstang neddyppet i en halvt mættet Opløsning af Ammoniumfosfat. Elektroderne fastholdes i en Korkprop i Beholderen, og over Elektrolytten findes et Lag Olie, som skal hindre Elektrolytten i at forurenes eller at stænke op paa Proppen. Kun absolut rene Materialer kan anvendes.

Enkelte andre Metaller har lignende ensrettende Egenskaber som Aluminium. F. Eks. kan der fremstilles en udmærket Ensretter af Tantal og Bly i fortyndet Svovlsyre.

65. I den allersidste Tid har man endelig begyndt at udnytte Krystaldektorer som Ensrettere for Stærkstrøm. En

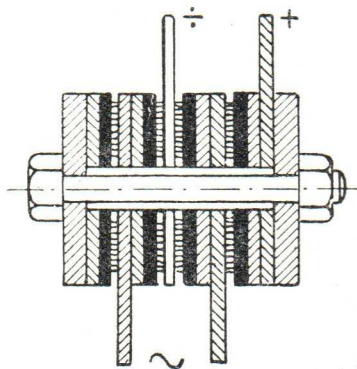


Fig. 105.

almindelig Krystaldektor kan kun taale en Strømstyrke paa nogle faa Milliampere paa Grund af den uhyre lille Kontaktflade mellem Krystal og Metalspids. Man har derfor fremstillet plane, cirkulære Skiver af sammenpressede, kunstige Krystaller. Disse Skiver presses haardt mellem en Bly- eller Tinklade og et andet Metal — antagelig en iltet Kobberplade. Tinkladen danner da god Kontakt med Krystalskiven og svarer saaledes til Indstøbningen ved en almindelig Krystalde-

tektor, medens det er Kontaktfladen mellem Krystalskiven og Kobberilet, der besidder den ensrettende Virkning. Et saa-

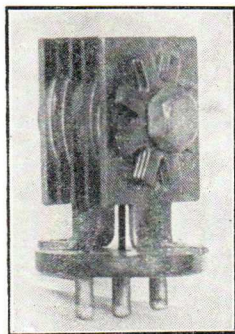


Fig. 106.

dant Ensretterelement, som udnytter begge Periodehalvdele, og som taaler en Spænding paa c. 6 Volt og en Strøm paa $\frac{1}{2}$ til 1 Ampere, er vist i Fig. 105 i Snit. Ensretterelementet selv ses i Fig. 106.

Radio Forstyrrelser.

Forstyrrelsernes Art.

66. Ved Betjeningen af en Radio Modtager bliver man snart bekendt med forskellige Forstyrrelser, som i større eller mindre Udstrækning kan umuliggøre Forstaaelsen af det modtagne. Ser man bort fra de Forstyrrelser, der kan hidrøre fra Modtageren selv ved defekte Spoler, Transformatorer, Batterier eller løse Ledninger o. s. v., saa kan de resterende Forstyrrelser deles i to Hovedgrupper efter deres Virkemaade.

Den ene af disse Grupper omfatter navnlig Forstyrrelser fra fremmede Senderstationer eller fra Højfrekvensgeneratorer af en eller anden Art, og det karakteristiske for disse Forstyrrelser er, at de stammer fra højfrekvente Svingninger med en Bølgelængde nær den, hvortil Modtageren er afstemt, og disse Svingninger optages derfor paa sædvanlig Maade af Modtageren. Med det store Antal Radiostationer, der nu er i Drift over hele Verden, er det meget almindeligt, at man — selv med den skarpest mulige Afstemning til en bestemt Senderstation — dog samtidig kan høre Signaler fra en eller flere andre. Blandt andet vil man ofte kunne høre fremmede Gnist-sendere, som sender paa en helt anden Bølgelængde end den, hvortil Modtageren er afstemt, fordi Gnistsenderens dæmpede Svingningstog indeholder et stort Antal Oversvingninger, hvoraf let en eller flere kan falde indenfor det snævre Bølge-omraade, den afstemte Modtager dækker.

Gnistsendere kan dog ogsaa for en stor Del sikkert henregnes som Aarsag til Forstyrrelser under den anden Hovedgruppe, hvortil ogsaa atmosfæriske Forstyrrelser og Motorforstyrrelser hører. Disse Forstyrrelser er særligt kendetegnet ved, at en pludselig elektrisk Impuls udenfor Modtageren sætter dæmpede Svingningstog igang i dennes Svingningskredse. De her opstaaede frie Svingninger har da nøjagtigt den Frekvens, som Modtagerens Svingningskredse er afstemt til, og det ligger derfor i Sagens Natur, at disse Forstyrrelser vanskeligt kan undertrykkes i selve Modtageren.

Forstyrrelser fra fremmede Sendere.

67. Lad os antage, at vi stiller vor Modtager ind til Lytning fra en Radiofonistation, som sender med Bølgelængde 300 m, og at en anden Radiofonistation i omtrent samme Af-

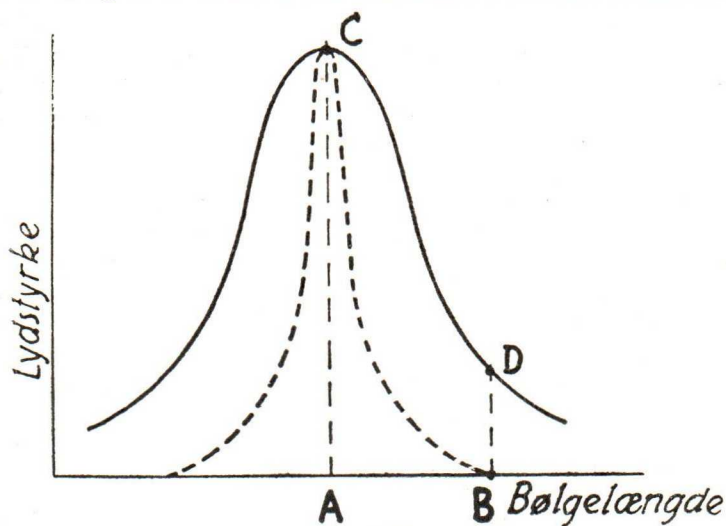


Fig. 107.

stand fra Modtageren samtidig sender med Bølgelængden 305 m. Det er da muligt, at vi foruden den førstnævnte Station

ogsaa kan høre den sidstnævnte omend en Del svagere. I hvor høj Grad den sidste Station høres, afhænger af Modtagerens Selektivitet, og ved gode Modtagere skulde det ikke være vanskeligt helt at adskille de to Sendere fra hinanden, naar blot Afstanden til dem ikke er for lille. Jo flere afstemte Svingningskredse, der findes i en Modtager, desto snævrere er som Regel det Bølgeomraade, som kan paavirke den, og desto stejlere er Modtagerens Resonanskurve.

I Fig. 107 er vist en saadan Resonanskurve for en Modtager afstemt til Bølgelængden A. Tænker vi os nu Modtagerantennen udsat for en bestemt Bølgeenergi fra en gennemmoduleret Sender med Bølgelængden A, saa høres denne Sender med Lydstyrken AC, medens den samme Bølgeenergi fra en Sender med Bølgelængde B kun vilde høres med Lydstyrken BD. Gøres Modtageren mere selektiv, bliver Resonanskurven f. Eks. den punkterede langt stejlere Kurve, og man ser, at Stationen med Bølgelængde B nu slet ikke høres.

Modtagerens Selektivitet kan forøges betydeligt ved Tilbagekobling, hvorved Resonanskurven bliver meget spids. En for stor Selektivitet vil dog ødelægge Modtagelsen af Telefoni, idet som tidligere omtalt Telefoni ikke sendes med een

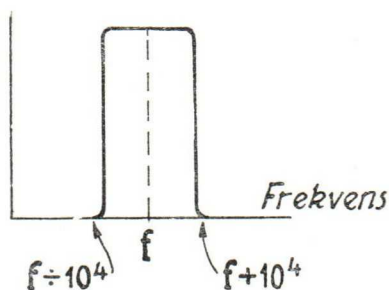


Fig. 108.

bestemt Frekvens, men med forskellige Frekvenser, der alle ligger indenfor Omraadet $f \pm 10\,000$, hvor f er Senderens Grundfrekvens (Bærebølgens Frekvens). En ideel Modtager skulde derfor have en Resonanskurve som vist i Fig. 108, men

selv om man i Praksis ved en en hensigtsmæssig Konstruktion kan opnaa noget i denne Retning, vil man dog i de fleste almindelige Modtagertyper finde Resonanskurver af Former som vist i Fig. 107.

Man har imidlertid i de saakaldte Bølgefælder et ret godt Middel mod Forstyrrelserne fra generende Sendere.

En saadan Bølgefælde er i sin simpleste Form vist i Fig. 109 (a), hvor man ser en Modtager med Antenne og Jord tilsluttet. Bølgefælden er den i Antennen indskudte Svingningskreds S. Det er tidligere Side 23 vist, hvordan en saadan Svingningskreds, naar den paavirkes af Vekselspændinger mellem Punkterne a og b, optræder som en uhyre stor Modstand mod Vekselstrømmen, hvis Kredsen er afstemt til Vekselstrømmens Frekvens. Tænker vi os nu (se Fig. 107), at Modtageren er nøjagtig afstemt til Senderen med Bølgelængde A (Lydstyrke AC), og at vi forstyrres af Senderen med Bølgelængde B (Lydstyrke BD), saa indskyder vi Sving-

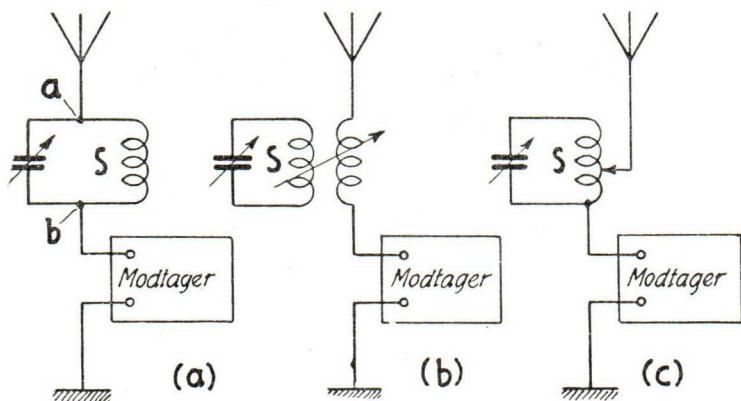


Fig. 109.

ningskredsen S i Antennen, som vist i Fig. 109 (a), og afstemmer den til Bølgelængden B. De i Antennen modtagne Bølger med denne Bølgelængde kan da ikke passere Bølgefælden og vil altsaa ikke paavirke Modtageren, medens de i Antennen

modtagne Svingninger med Bølglængde A gaar nogenlunde uhindret gennem Bølgefælden.

Ligger de to Bølglængder A og B meget nær hinanden, er Bølgefælden som oftest unyttig, idet den da vil standse begge Frekvenser.

Saaledes som vist i Fig. 109 (a) har Bølgefælden imidlertid den Fejl, at den er altfor haardt koblet til Antennekredsen. Koblingen er i Virkeligheden saa fast, at Antennekreds og Bølgefælde tvinges til at arbejde med samme Frekvens, og Fældens Virkning vil derfor i Praksis ikke være meget værd. Denne Vanskelighed kommer man dog let ud over ved Hjælp af en variabel Kobling mellem Antenne og Bølgefælde, som antydnet i Fig. 109 (b) og (c). Man kan ogsaa koble første Modtagerlampes Gitterkreds variabelt til Bølgefælden S, som

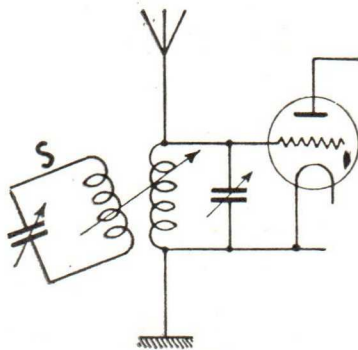


Fig. 110.

vist i Fig. 110. Endelig kan man ogsaa benytte en Spole og Kondensator i Serie til Afledning af de ikke ønskede Svingninger eller en passende Kombination af denne og de i Fig. 109 viste Metoder.

Atmosfæriske Forstyrrelser.

68. Om Sommeren — og som oftest midt paa Dagen — kan det hænde, at Modtagningen generes stærkt eller fuldstændig umuliggøres af „atmosfærisk Støj“. Denne Støj ytrer

sig ved meget forskelligartede Lyde som skarpe Knæk, Raslen, Hvislelyde o. s. v., som forekommer meget uregelmæssigt. Det maa antages, at denne Støj hovedsagelig stammer fra atmosfæriske Udladninger. Man kan saaledes under et fjernt Tordenvejr høre et skarpt Knæk i Hovedtelefonen, hver Gang man ser et Lyn.

Disse Forstyrrelser maa henregnes under den anden foran omtalte Hovedgruppe, idet den ved en atmosfærisk Udladning forårsagede pludselige elektriske Impulser sætter et Svingningstog i Gang i Modtagerens Antennekreds. Man har søgt at analysere de elektriske Impulser fra fjerne Lyn og fundet, at disse Impulser meget sjældent optræder som Svingninger eller Bølger med en bestemt Frekvens. De optræder oftest som en pludselig skarpkantet Spændingsbølge. Et enkelt fjernt Lyn vil saaledes i Modtagerantennen direkte inducere en meget kortvarig høj Spænding som Kurven (a) i Fig. 111 viser,

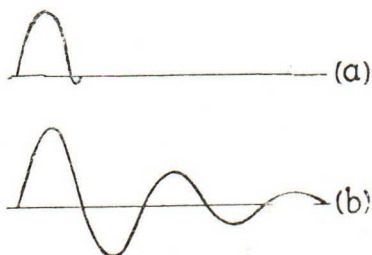


Fig. 111.

men da Modtagerens Antennekreds jo er en svagt dæmpet Svingningskreds, vil der under Indvirkning af det pludselige Spændingsstød opstaa dæmpede Svingninger, som Kurven (b) i Fig. 111, og da disse Svingninger jo faar nøjagtig den Frekvens, som Modtageren er afstemt til, er det ret forstaaeligt, at de kan give Anledning til stærkt hørlige Forstyrrelser.

Der er forsøgt en Mængde Metoder for at komme disse Forstyrrelser til Livs, og et stort Antal Patenter er udtaget paa mere eller mindre hensigtsmæssige Anordninger med dette Formaal, men for de allerfleste af disse Metoder og Anordnin-

ger gælder, at de er komplet unyttige, medens enkelte Anordninger vel kan være nyttige, men er saa komplicerede, at de højst kan finde Anvendelse i store stationære Anlæg.

Forstyrrelser fra Motorer og Installationer.

69. Disse Forstyrrelser hører næsten uden Undtagelse alle til den samme foran omtalte Hovedgruppe, som de atmosfæriske Forstyrrelser hører til. Tændes eller slukkes f. Eks. en elektrisk Lampe i samme Lejlighed eller i samme Bygning, hvor en Modtager benyttes, hører man her samtidig et skarpt Knæk. Motoren, der gaar i samme Ejendom, kan selv ved svag Gnisten paa Kommutator eller Kontaktringe foraarsage saadanne Forstyrrelser, at en Radio Modtager slet ikke kan benyttes der.

Man har i nogle Aar med større eller mindre Held søgt at bekæmpe Motorforstyrrelserne ved Anbringelse af Kondensatorer mellem Motorens eller Dynamoens strømførende Ledninger og Jord, men da man ikke forstod Forstyrrelsernes egentlige Natur, var Resultaterne altid paa Forhaand tvivlsomme.

I Begyndelsen af 1927 optog Professor Absalon Larsen ved den polytekniske Lærestanstalt i København, paa Foranledning af Radio Raadet, en Undersøgelse af disse Forhold. Det lykkedes Professoren baade at finde Aarsagerne til Forstyrrelserne og de rationelle Midler derimod, saaledes at man paa det nuværende Tidspunkt har fuldstændig Rede paa de herhen hørende Forhold. Allerede i August Maaned 1927 offentliggjorde Professoren den første Beretning over de indledende Forsøg og første Resultater,*) der paa dette Tidspunkt var i den Grad fuldstændige, at der kunde gives ganske bestemte Direktiver til Bekæmpelse af Motorstøj. I denne første Beretning skriver Professoren selv følgende om Forstyrrelsens Aarsager:

*) I Radio Magasinet 1927, Nr. 1, S. 37.

Vandrebølger.

Den Betragtningssmaade, der har vist sig mest formaals-tjenlig, er den, at Forstyrrelserne overføres ved det, man i Stærkstrømsteknikken kalder Vandrebølger.

For at danne os en Forestilling om, hvad en saadan Vandrebølge er, vil vi tænke os et meget simpelt Forsøg udført ude paa en fri Mark. Man tager et lille Batteri af Tørelementer eller bedre et Akkumulatorbatteri, f. Eks. et Anodebatteri paa 100 Volt. Den negative Pol forbindes til Jorden; den positive Pol forbindes til en Strømnøgle, der atter forbindes til en lang Ledningstraad, som man har ophængt paa Isolatorer og Stænger ganske som en almindelig Lysledning. Dette Forsøg er anskueliggjort i Fig. 1, hvor B betyder Batteriet og N betyder Nøglen.

Man slutter nu Strømnøglen. Med de dagligdags Forestillinger om Strøm og Spænding vil man nu simpelthen sige, at Ledningstraaden lades op til en Spænding paa 100 Volt, uden at tænke nærmere over, hvorledes dette gaar for sig. Denne Opladning foregaar netop med en Vandrebølge, der forplanter sig frem ad Ledningen med Lysets Hastighed.

Ganske kort Tid efter, at Strømnøglen har sluttet Forbindelse, vil Tilstanden i Traaden være den, at Traaden paa Strækningen fra Nøglen og ud til et bestemt Punkt er opladet til 100 Volt, medens Strækningen uden for dette Punkt har Spændingen Nul. Paa den førstnævnte Strækning gaar der endvidere i Traaden en i Fig. 1 ved Pile antydte Strøm, som overalt er lige stor, men ender blindt ved det Punkt, som Spændingen er naaet ud til. Dette Punkt, som man kan kalde Bølgefronten, bevæger sig nu fremad paa Traaden med Lysets Hastighed. Det bliver da, hvad man kalder en skarpkantet Vandrebølge. Strømmen i Bølgen anvendes til at oplade stadig nye Dele af Traaden, efterhaanden som Fronten skrider fremad. Strømmen er proportional med Spændingen og findes ved at dividere Spændingen med den saakaldte Bølgemodstand, der kun afhænger af Traadens Dimensioner og Afstanden fra Jorden, men er uafhængig af, om Traaden er lang

eller kort. For en sædvanlig Lysledning vil Bølgemodstanden omtrentlig blive 500 Ohm, d. v. s. Strømmen i Bølgen vil blive

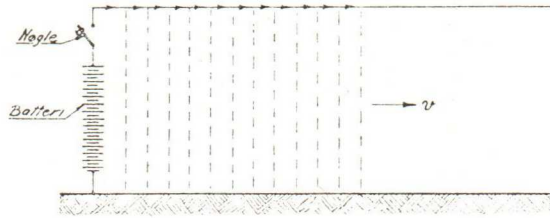


Fig. 1.

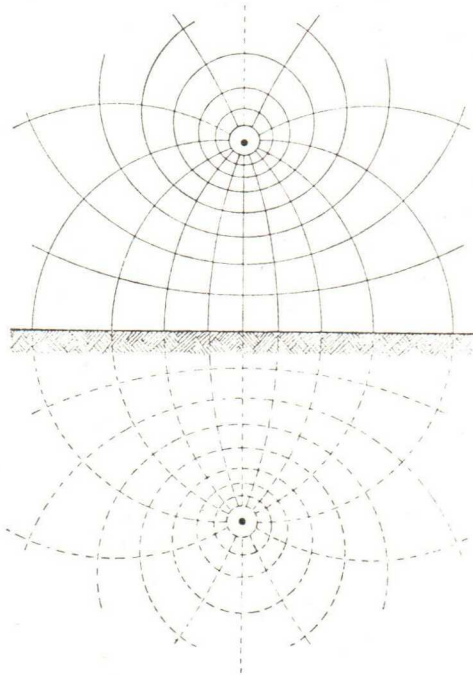


Fig. 2.

ca. $\frac{1}{5}$ Amp. fra Nøglen til Bølgefronten, og Nul udenfor Bølgefronten.

Lad os tænke os, at Traaden er 1 km lang, da vil Bølgefronten bruge 1 Trehundredetusindedels Sekund om at naa ud til Enden. Hvis nu Enden af Traaden er forbundet til Jorden gennem en Modstand paa 500 Ohm, vil den $\frac{1}{5}$ Amp., som gaar i Bølgen, netop passe til at gaa gennem de 500 Ohm til Jorden med Anvendelse af Spændingen 100 Volt, og Bølgefronten vil derfor ende ved Modstanden. Man har da det simplest tænkelige Tilfælde af en Vandrebølge, hvor Bølgefronten kun een Gang passerer Traaden.

Strømmen og Spændingen i Traaden vil være ledsaget af magnetiske og elektriske Felter i Rummet uden om Traaden. Det magnetiske Felt danner lukkede Linier, der omslutter Traaden, det elektriske Felt danner Kraftlinier, der gaar fra Traaden til Jorden.

Paa Fig. 1 er det elektriske Felt antydet ved lodrette Linier fra Traaden til Jorden, og dets Fremadskriden langs Traaden er antydet ved en Pil med Bogstavet v , der betegner Lysets Hastighed.

Paa Fig. 2, som forestiller et Snit vinkelret paa Traaden, er integret baade elektriske og magnetiske Kraftlinier. Det er velkendt, at Jordoverfladen overfor disse Kraftlinier virker som et Spejl, hvilket er antydet paa Fig. 2.

Hvis nu Fronten af dette til Traaden knyttede elektromagnetiske Felt, som flytter sig fremad i Traadens Retning med Lysets Hastighed, paa sin Vej møder en Radiomodtager, vil Kondensatoren i Modtagerens Højspændingskreds pludselig oplades til en vis Spænding, hvilket foranlediger, at der i den vedkommende Kreds opstaar en dæmpet Svingning af Svingningskredsens naturlige Frekvens, som eventuelt ensrettes i Detektoren, hvorved der fremkommer et skarpt Smæld i Telefonen.

Forstyrrelsen har været en højfrekvent Forstyrrelse, fordi den har virket paa Modtagerens Højfrekvenskredse. Vandrebølgen selv har i det betragtede simple Tilfælde ikke haft nogen Frekvens.

Slet saa simple er nu Forholdene i Virkeligheden ikke. For

det første er Bølgefronten af Vandrebølgen ikke helt skarp. Der er en gradvis Overgang, saaledes at der imellem det Punkt af Traaden, hvor Spændingen lige netop begynder at hæve sig over Nul, og det Sted, hvor Spændingen er naaet op til de 100 Volt, er en kendelig Afstand, der i det mindste er nogle faa Meter. Jo kortere denne Afstand er, desto skarpere siger man, at Bølgefronten er.

For det andet vil Bølgen, naar den ankommer til Traadens Ende, og den ikke netop der forefinder en Modstand til Jord lig med Bølgemodstanden, helt eller delvis vende om; den bliver kastet tilbage. I en simpel Traad, som den betragtede, kan derfor Bølgefronten løbe frem og tilbage mange Gange. Virkningen vil da blive særlig stærk paa en Modtager, som er indstillet til en Bølgelængde, der staar i et vist simpelt Forhold til Traadens Længde.

For det tredie svækkes Bølgen af forskellige Aarsager, efterhaanden som den skrider frem, og Bølgefronten bliver mindre skarp. Hertil bidrager baade Traadens Modstand, Isolatorernes Kapacitet og Traadens Afledning til Jorden gennem en Isolationsfejl.

Ogsaa Strømbrydning fremkalder lignende Vandrebølger, og Bølgefrontens Stejlhed er afhængig af, om der ved Brydning opstaar Lysbue eller ikke. Selv Strømslutning med en Telegrafnøgle er, som P. O. Pedersen har vist, et sammensat og lunefuldt Fænomen med flere paa hinanden følgende Gnist.

I et Ledningsnet med Forgreninger vil der paa denne Maa- de fremkomme et Virvar af Vandrebølger hver Gang der foretages en Strømslutning eller Strømbrydning et eller andet Sted paa Nettet, eller hver Gang en Gnist danner sig under Børsterne paa en Motor. Alle disse Bølger, hvis Bølgefronter faar afsted allevegne, dæmpes efterhaanden ned og forsvinder, medens nye opstaar, saa at det samlede Billede af, hvad der foregaar, er uhyre kompliceret; men det Element, hvoraf det hele er bygget op, er den simple skarpkantede Bølge, hvis Front kun passerer forbi een Gang.

I de sædvanlige elektriske Ledninger optræder disse Vandrebølger samtidig med den normale Strøm. I Stærkstrømsteknikken har man navnlig mødt dette Fænomen i Højspændingsanlæg, hvor Vandrebølger i mange Tilfælde har forarsaget Overspændinger med Gennemslag af Transformatorer. Studiet af Vandrebølger er derfor særlig drevet under Højspændingsteknikken, hvor man har interesseret sig for disse Bølgers Indtrængen i Viklinger, deres Gennemgang igennem Drosselspoler og Bølgefrontens Ændring ved Hjælp af Kondensatorer.

De Vandrebølger, der interesserer os her, er blot langt svagere og har hidtil ikke spillet nogen Rolle.

Motorforstyrrelser.

Forstyrrelserne fra almindelige Jævnstrømsmotorer har deres Oprindelse i de utallige smaa Gnister imellem Kommutatoren og Børsterne. Selv om der tilsyneladende er en Mængde Smaagnister samtidig, maa man dog forestille sig, at der i Forhold til de korte Tider, som det her kommer an paa, er et Stykke Tid mellem de enkelte Gnister. Det simpleste Fænomen bliver da en enkelt Gnist imellem Kommutatoren og een af Børsterne. En saadan Gnist vil nu sende en Vandrebølge ud ad den til Børsten sluttede Ledning; men da Elektriciteten maa tages et Sted fra, vil der samtidig sendes en Vandrebølge af modsat Fortegn ind i Ankeret, hvorfra den kun kan komme videre enten gennem Ankeret og ud ad den anden Ledning eller gennem den Kapacitet, der er imellem Ankerviklingen og Ankerjernet, ud til Maskinens Stel og videre til Jorden enten gennem en Jordledning, hvis der findes en saadan, eller igennem Maskinens statiske Kapacitet til Jord.

Vandrebølgerne vil nu paavirke Modtagere i Nærheden paa mange Maader. Gennem Jordforbindelse til et Vandrør kan en Bølge direkte løbe ud i en Antenne, som er forbundet til samme Vandrør. Gennem de normale elektriske Ledninger til Motoren kan Bølger ved statisk eller induktiv Kobling virke paa Antenner eller Rammer; endvidere trænger Bølgen ud i

alle Forgreninger af Installationen, og disse kan virke omtrent som en Afsenderantenne. Endvidere kan Bølgen inducere lignende Bølger og fremkalde Svingningsfænomener i andre elektriske Ledninger og i det hele i alle metalliske Ledningssystemer i Nærheden.

I et senere Foredrag har Professoren gjort mere udførligt Rede for Forsøgsresultater og Forsøg, og vi skal i det følgende omtalte nogle af disse Resultater.

Naar man slutter eller afbryder en Strøm med en almindelig Afbryder, saa løber der som foran vist skarpkantede Vandrebølger fra Afbryderstedet ud ad begge Ledninger, og disse Vandrebølger er i Stand til at sætte dæmpede Svingningstog i Gang i Modtagerens Svingningskredse. For at forhindre dette maa man nu give Vandrebølgerne en saa afladet Front, at de ikke kan sætte frie Svingninger i Gang i Modtagerens Kredse, og dette opnaaes bl. andet, naar Bølgefronten faar Karakter af en Del af en sinusformet Svingning med meget stor Bølgelængde, eller hvis Vandrebølgen udjævnes ganske aperiodisk.

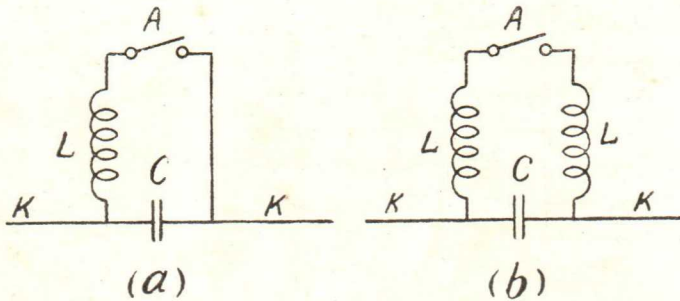


Fig. 112.

I Fig. 112 er i (a) og (b) vist en vandret Ledning K med et Afbrydersted A. Spoler L og Kondensator C er tilsluttet som vist saaledes, at Strømmen maa gennem Spolerne til Afbryderen. Ved Arrangementet i Fig. 112 (b) med Spolerne L hver

paa c. 0,1 Millihenry (c. 100 000 cm) og med Kondensatoren C paa 0,1 Mfd. opnaaes fuldstændig Forstyrrelsesfrihed. Som Spoler kan her vælges Honeycombspoler paa c. 40 Vindinger.

Dette Arrangement er naturligvis ikke alene anvendeligt ved Lyskontakter o. l., men ogsaa ved elektriske Ringeapparater, hvor Spolerne da indsættes i Ledningerne til Kontaktstedet ved det svingende Anker.

De anførte Værdier for Kapacitet og Selvinduktion vil i de aller fleste Tilfælde passe, men de skal maaske ændres noget i enkelte Tilfælde, hvor Arrangementet tilsluttes et Apparat med betydelige Værdier af Kapacitet og Selvinduktion nær Udgangsklemmerne.

Forsøger man at opnaa et lignende Resultat med kun een enkelt Spole som vist i Fig. 112 (a), vil der fra Kontaktstedet udgaa Vandrebølger fra højre Kontaktside og det er da vanskeligere at opnaa Forstyrrelsesfrihed. Ved høje Værdier af Selvinduktionen i Spolen L kan det dog ofte lykkes. Det skal i denne Forbindelse nævnes, at en Strømslutning som Regel virker langt mere forstyrrende paa Modtageren, end en Afbrydning.

Forstyrrelsen fra mindre Motorer eller Dynamoer (op til 5 å 10 H. K.) kan næsten altid forhindres ved den i Fig. 113 (a)

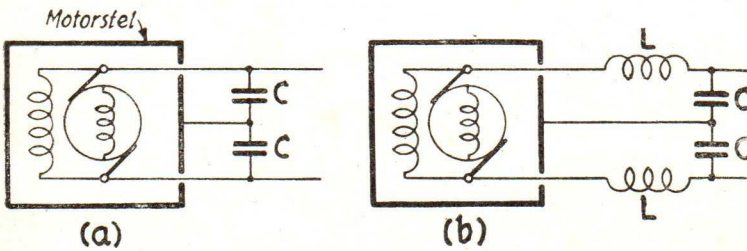


Fig. 113.

viste Fremgangsmaade. To Kondensatorer, hver paa 0,1 Mfd. forbindes mellem Motorens Tilledninger og dens Stel. Den nødvendige Selvinduktion findes i Maskinviklingen.

Udgaar der flere Ledninger fra Maskinen (f. Eks. ved 3-Fase

Motorer eller lange Igangsættelsesledninger), maa hver Ledning for sig gennem en Kondensator forbindes til Motorstellet.

Ved større Maskiner findes der ofte en saa stor Kapacitet mellem de enkelte Vindinger, at deres Selvinduktion slet ikke kommer i Betragtning. Man maa da udenfor Maskinen tilføje de fornødne Selvinduktioner L (Fig. 113 (b)) af Størrelsesordenen 0,1 Millihenry. Da man ikke paa Forhaand kender tilstrækkeligt til Maskinviklingens Forhold overfor Vandrebølgerne, kan det undertiden være nødvendigt at forsøge sig frem med Størrelserne af de tilføjede Kapaciteter og Selvinduktioner. Disse sidste maa undertiden forøges op til 0,4 Millihenry.

Da en Gennembrænding af de viste Kondensatorer vil forårsage en fuldstændig Kortslutning af Maskinen, har Elektricitetskommissionen bestemt, at saadanne Kondensatorer skal forsynes med Sikringer i Tilledningerne eller de skal være dimensioneret med meget stor Sikkerhed. (Til 220 Volts Motorer skal Kondensatorerne være prøvet med 7000 Volt). Nærmere herom findes i Elektricitetskommissionens Forskrifter, Tillæg 5. Det er bedst at undgaa Sikringerne for at faa tykke Ledninger direkte til Kondensatorklemmerne.

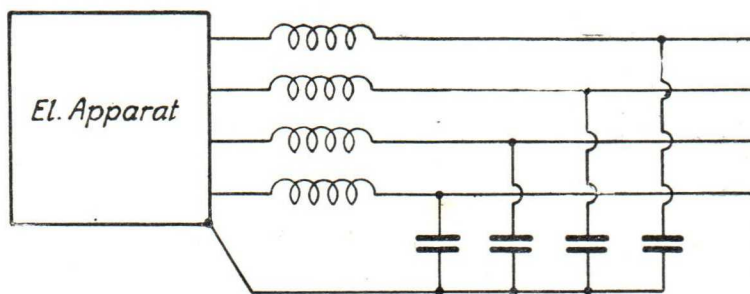


Fig. 114.

Har man et eller andet i Metal indkapslet elektrisk Apparat, hvorfra der udgaaer et vilkaarligt Antal Ledninger, saa kan Radioforstyrrelser herfra som Regel forhindres ved at forbinde hver enkelt Ledning gennem en 0,1 Mfd. Kondensator til Metalhuset. Man kan nemlig gaa ud fra, at alle de Vandrebølger,

positive — eller negative, som løber ud ad Ledningerne eller til Metalhuset, fører saadanne Elektricitetsmængder, at den samlede Sum af disse er Nul, og man vil derfor ved Forbindelsen som vist i Fig. 114 kunne undgaa de skarpkantede Vandreølger. De viste Spoler vil ofte kunne undværes, naar Tilledningerne inde i Apparatet fører over passende Selvinduktioner. Spoler og Kondensatorer maa ogsaa helst indkapsles i Metal, der forbindes til Apparatets Metalhylster.

Angaaende den udførlige Teori for Støjdæmpning og de nøjagtige praktiske Fremgangsmaader henvises til Hr. Professor Absalon Larsens fortsatte Beretning, der bl. a. findes i Radio Magasinet for 1928 Nr. 2 og 3 samt i Ingeniøren og Elektroteknikerens i Jan. eller Februar 1928.

Radio Materiel.

Isolationsmaterialerne.

70. I Radioteknikken anvendes for en stor Del de samme Byggematerialer, som i den almindelige Elektroteknik, men paa visse Punkter stilles der langt de største Krav til Radiomateriellet. I Modtagerteknikken, hvor der arbejdes med ohmske Modstand paa op til 5 Megohm eller mere, kan man naturligvis ikke kritikløst anvende Isolationsmaterialer, hvor en Afledning af denne Størrelsesorden kunde forekomme, selvom et saadant Materiale var velegnet til Anvendelse i Stærkstrømsanlæg. F. Eks. vil man som Regel ikke anvende Marmor eller Skifer til Isolation i Radiomodtagere.

Der er ogsaa et andet Punkt, man maa have sin Opmærksomhed henvendt paa. I Kondensatorer og andre Steder, hvor man kan vente ikke ubetydelige capacitive Strømme i et Isolationsmateriale, kan der optræde dielektriske Tab.

I Luft er disse Tab praktisk talt Nul, medens de i nogle Isolationsstoffer (f. Eks. visse Glassorter) kan være meget betydelige, selvom Stoffet som *Isolator* betragtet er det bedst mulige.

Udsættes en Kondensator for en ren Vekselspænding, saa er som bekendt Kondensatorens Ladestrøm 90° faseforskudt for Spændingen. Dette gælder dog kun saa længe man ikke har kendelige dielektriske Tab i Kondensatoren, idet disse Tab gør Faseforskudningen mindre.

Kaldes Faseforskudningsvinklen φ saa kaldes $\cos \varphi$ Tabs-

faktoren og er et Maal for de Tab, man faar i vedkommende Materiale.

Skal man ved en Maaling sammenligne to lige store Kondensatorer, hvoraf den ene har Luftdielektrikum, medens den anden mellem Pladerne har et tabsgivende Dielektrikum, saa findes de to Kondensatorer ikke absolut identiske. Hvis man derimod indskyder en variabel Modstand i Serie med Luftkondensatoren, saa kan denne Kombination indstilles saaledes, at den i elektrisk Henseende bliver absolut ligestillet med den anden Kondensator, naar dennes dielektriske Tab er af samme Størrelse som Strømvarmetabet i Luftkondensatorens Seriemodstand.

Som Eksempel paa Virkningen af de dielektriske Tab kan nævnes følgende. To Kondensatorer hver paa c. 1000 cm og med Glas mellem Belægningerne, blev udsat for en højfrekvent Strøm paa c. 10 Ampere. Der var anvendt forskellige Glassorter til de to Kondensatorer, som iøvrigt begge var indstøbt i Paraffin, og medens den ene Kondensator forblev ganske kold var den anden allerede efter c. 10 Minutters Forløb saa varm, at al den omgivende Paraffin var smeltet. Gennemslag fandt ikke Sted.

En anden Kondensator med tynde Ebonitplader blev udsat for en lignende Prøve. Efter kort Tids Forløb smeltede Ebonitten i forskellige Punkter før der endnu var sket Overslag. Ebonitpladen blev her kun udsat for en Spænding paa ca. 5000 Volt, medens den i Forvejen var prøvet med c. 35,000 Volt lavfrekvent Vekselstrøm uden at slaa igennem. Fejlen har her været den, at Ebonitpladen ikke har været helt homogen. De anvendte Fyldestoffer har aabenbart under Fabrikationen samlet sig i større og mindre Klumper, som ikke alle har været lige tabsfrie.

En Nocaitplade, hvorpaa der var monteret strømførende Metalstøtter, blev under Indvirkning af Højfrekvensspændingerne varm og bulnede ud.

Med disse Eksempler er ikke sagt, at Glas, Ebonit og Nocait er daarlige Isolationsmaterialer, kun viser Eksemplerne os, at

man ogsaa kan være udsat for at faa daarlige Varer blandt ellers anerkendte Materialer.

De dielektriske Tab har naturligvis størst Betydning, hvor daarlige Materialer er anvendt som Dielektrikum i Kondensatorer, men ogsaa andre Steder kan disse Tab virke højest generende. Tætviklede Spoler til Modtagere bliver saaledes ofte imprægnerede med isolerende Lakker. Hvis disse ikke er tabsfrie, kan de kapacitive Strømme mellem Spolens enkelte Vindinger give Anledning til Tab, og hvor Spolen er benyttet i en Svingningskreds, til en ikke ubetydelig Dæmpning af Svingninger i denne Kreds.

I Spole- og Lampesokler o. l., som bestaar af Metaldele indpresset i et Isolationsstof, er Kapaciteten mellem Metaldelene saa ringe (nogle faa cm), at de dielektriske Tab som Regel er uden Betydning, og her fordrer man blot, at Isolationsevnen under alle Forhold er tilstrækkelig høj. Kun hvor disse Dele skal benyttes i Kortbølgeteknikken, tager man paa forskellig Maade passende Hensyn til Tabene, idet de kapacitive Strømme kan blive ret betydelige ved de høje Frekvenser.

Blandt andre Egenskaber, som man maa tage Hensyn til ved Valg af Isolationsstoffer, maa nævnes: Stoffernes Bestandighed, deres Brændbarhed, Vægtfylde, Styrke og Evne til at lade sig bearbejde.

Kautsjuk, Gummi, Ebonit.

71. Kautsjuk udvindes af Saften af visse tropiske Træsarter. Naar det blandes med Svovl og ophedes under Tryk (vulkaniseres), faaes Gummi. Med lidt Svovl faas de kendte bløde Gummisorter og med meget Svovl faas Haardt gummi eller Ebonit. Iøvrigt tilsættes under Fabrikationen forskellige Fyldestoffer i ret betydelig Mængde. Gummiisolationen om elektriske Ledninger har saaledes undertiden ikke mere end c. 33 pCt. ren Kautsjuk i Blandingen og er dog stærkt isolerende.

Gummiplader til Pakninger o. l. kan dog undertiden være daarligt isolerende.

Ebonit er et fortrinligt Materiale til Højfrekvensapparater. Det er ret sejgt, undtagen ved lave Temperaturer, det lader sig let bearbejde med almindeligt Mekanikerværktøj og er ret bestandigt. I Sollys angribes dog Overfladen, saaledes at sort Ebonit bliver brunligt og mister noget af Isolationsevnen. Det er bestandigt i Olie og er næsten ikke hygroskopisk, d. v. s. det optager ikke nævneværdige Mængder Fugtighed. Det er varmebestandigt indtil c. 50° C.

Vægtfylde 1,4—1,8.

Brudbelastning for Træk c. 600 kg/cm^2 .

Elektrisk Ledningsevne c. 0.

Overflademodstand ved 100 pCt. Fugtighed c. 10^6 Megohm pr. $\text{cm.} \times \text{cm.}$

Dielektricitetskonstant c. 2—2,8.

Tabsfaktor fra 0,002 til 0,05 (ved $f = 5000$).

Gennemslagsspænding 15000—30000 Volt pr. m. m.

Ebonit forekommer baade i Plade og Stænger. Den blanke Overflade paa Plader er som Regel særlig godt isolerende, men kan dog ved særlige Fabrikationsmetoder være bleven svagt ledende.

Bakelit, Nocait.

72. Bakelit er et kunstigt fremstillet harpiksagtigt Stof, som i Pulverform kan blandes med Savsmuld, Papir, Asbesttrævler o. l. for derefter at blive sammenpresset til Plader, Stænger eller Formstykker i varme Staalforme under højt Tryk. Med Papir kaldes Stoffet undertiden Nocait eller ved andre Navne. Efter Fremstillingen kan Egenskaberne veksle en Del, bl. a. kan det være mere eller mindre hygroskopisk. Som Middel kan regnes følgende:

Elektrisk Modstand c. 10^{16} Ohm/ cm^3 .

Overflademodstand ved 50 pCt. Fugtighed c. 10^7 Megohm/ $\text{cm.} \times \text{cm.}$

Dielektricitetskonstant 5,6—8,8.
Gennemslagsspænding 45000—75000 Volt pr. mm.
De bedste Sorter er slet ikke hygroskopiske.
Det er varmebestandigt op til c. 300 ° C.
Brudbelastning ved Bøjning c. 500 kg/cm².
Vægtfylde omkring 1,3.

Trolit.

73. Trolit er et celluloidlignende Blandingsprodukt, der som Regel er sort og uigennemsigtigt. Det er ligesom Celluloid paavirkeligt af Acetone, som delvis opløser det, og som kan benyttes til Sammenlimning af Trolitstykker.

Medens Celluloid, som iøvrigt isolerer godt, er hygroskopisk og kan give ret betydelige dielektriske Tab, er Trolit i disse Henseender en Del bedre. Det har en meget høj Isolationsevne og lader sig ret let forarbejde. Det faas baade i Plader, Stænger og pressede Formstykker.

Elektrisk Modstand c. 10¹³ Ohm/cm³.

Dielektrisk Tabsfaktor c. 0,046.

Dielektricitetskonstant 5—6.

Gennemslagsspænding c. 25000 Volt/m.m.

Varmebestandigt til c. 65 ° C.

Vægtfylde 1,8.

Brudbelastning for Bøjning c. 500 kg/cm².

Glas og Porcellain.

74. Glas er i sin selv et fortrinligt isolerende Materiale, men det overtrækkes let paa Overfladen med en ganske tynd Hinde af Fugtighed, hvorved dets isolerende Egenskaber svækkes en Del. Overtrækkes Glas med et tyndt Lag Fernis, bliver det næsten upaavirkeligt af Fugtighed.

Som tidligere omtalt er Glassets dielektriske Egenskaber meget varierende. Selv de almindeligst anvendte Glassorter til

Rudeglas o. l. kan vise de mest forskelligartede elektriske Egenskaber. Der fremstilles imidlertid en særlig Glassort „Kalliglas“, som baade besidder en meget stor Gennemslagsmodstand for Elektricitet og meget smaa dielektriske Tab. Denne Glassort er navnlig tidligere hyppigt bleven anvendt til store Leydnerflasker som Frembringerkondensatorer i Gnistsendere.

Elektrisk Modstand c. $0,5 : 10^{14}$ Ohm/cm.

Overflademodstand ved 100 pCt. Fugtighed c. $2 \cdot 10^7$ Ohm/cm.

Gennemslagsspænding fra 10— til 50 000 Volt/m.m.

Vægtfylde c. 3.

Brudbelastning ved Tryk fra 6000—13000 kg/cm².

Brudbelastning ved Træk fra 300—900 kg/cm².

Porcellainet anvendes mest i Formstykker som Isolatorer, Gennemføringer, Æg, Knippelisolatorer, Sokler for Apparater o. l. Porcellainet benyttes i Elektroteknikken næsten udelukkende i glasseret Tilstand, da det ellers indsuger Fugtighed. I Luft mættet med Fugtighed er Overflademodstanden saaledes for uglaseret Porcellain c. 60 Megohm/cm².

og for glasseret Porcellain c. 600 Megohm/cm².

Elektrisk Modstand c. 3×10^{14} Ohm/cm³.

Dielektrisitetskonstant 5—6.

Tabsfaktor c. 0,05.

Gennemslagsspænding c. 10^5 Volt/cm.

Brudbelastning for Tryk c. 4000 kg/cm².

Brudbelastning for Træk c. 250 kg/cm².

Vægtfylde c. 2,4.

Galalith.

75. Dette smukke og ret godt isolerende Materiale fremstilles af Mælkens Ostestof ved Blanding med Fyldestoffer og Farve og paafølgende Hærdning med Formalin. Det er ikke let brændbart, men da det er meget stærkt hygroskopisk, benyttes det kun, hvor der ikke stilles store Krav til Isolation og smaa Tab. F. Eks. til Bananstik, Vandretappe o. l.

Celluloid.

76. Dette Stof, der er overordentlig brandfarligt, er et Cellulosenitrat. Da det er meget hygroskopisk, og da baade dets isolerende Evne og dets dielektriske Tab varierer stærkt med Fugtigheden, finder det ikke større Anvendelse i Radioteknikken.

Glimmer og Mikanit.

77. Glimmer er et naturligt forekommende mineralsk Krystal, der let lader sig spalte i ganske tynde Flader. Det forekommer hyppigt plettet med mineralske Urenheder, som gør det mere eller mindre uanvendeligt til elektrisk Isolation. Da man som Regel kun kan faa helt rent Glimmer i mindre Størrelser, retter Prisen sig baade efter Størrelse og Renhed. Det bedste Glimmer er fuldstændig klart uden Pletter. I ganske tynde Lag synes det farveløst, medens det i tykkere Lag er brunligt eller grønligt.

Da Glimmerets Gennemslagsspænding er meget stor og dets dielektriske Tab forsvindende, er det et næsten uundværligt Materiale til Kondensatorer, hvor man ligeledes kan drage Fordel af dets høje Dielektricitetskonstant paa 5—8.

For rent Glimmer kan man omtrent regne med følgende Gennemslagsspænding:

$$E = 60000 \sqrt{d}$$

hvor d er Glimmertykkelsen i mm. En 1 mm tyk Glimmerplade har altsaa en Gennemslagsspænding paa c. 60 000 Volt, medens en Glimmerplade paa $\frac{1}{25}$ mm kan staa for henved 12 000 Volt.

Elektrisk Modstand er omkring 16^{10} Ohm/cm³.

Overflademodstand ved 100 % Fugtighed c. 5000 Meg. Ohm/cm. × cm.

Mikanit er Glimmeraffald sammenpresset med et Binde-middel, som Regel Skællak. Det har mindre Gennemslagsspænding og større dielektrisk Tab, end det rene Glimmer,

men er iøvrigt et udmærket Isolationsmateriale. Ved særlig Imprægnering og Sammenpresning under højt Tryk kan det opnaa lignende Egenskaber som rent Glimmer og benyttes derfor ofte til Frembringerkondensatoren for Gnistsendere.

Paraffin.

78. Dette hvide stearinlignende Produkt, der findes i Handelen i „Tavler“ eller Plader, vindes af Brunkul eller Jordolie.

Det findes i forskellige Kvaliteter med Smeltepunkt paa c. 30 til 60° C. Jo højere Smeltepunkt, desto bedre Produkt.

Ren Paraffin er et fortrinligt isolerende og meget tabsfrit Stof, som er næsten uundværligt i Radioteknikken. Det bruges til Imprægnering og Tilstøbning af Kondensatorer, Spoler, Transformatorer o. l.

Elektrisk Modstand er omkring 10^{16} Ohm/cm.

Overflademodstand ved 100 % Fugtighed c. 5000 Meg. Ohm/cm \times cm³.

Tabsfaktor 0,00012.

Paraffinen er ret brændbar og maa helst ikke smeltes over aaben Ild, da Dampene let antændes.

Skællak.

79. Skællak* købes som tynde, skælagtige, brunlige Smaastykker, eller man kan købe disse Stykker opløst i Spiritus. Navnlig i sidstnævnte Form er Skællakken velegnet til Imprægnering af Spoler o. l. Opløsningsmidlet fordamper hurtigt, og den tilbageblivende faste Lak er glimrende isolerende, baade i tør og fugtig Luft. Gennemslagsspændingen er c. 20 000 Volt/mm og Dielektricitetskonstanten 3—4.

Paa Grund af denne ret høje Dielektricitetskonstant bør det ikke anvendes til Spoler, som man ønsker særlig kapacitetsfrie.

Papir, Presspan o. l.

80. Papir er meget hygroskopisk og derfor ikke direkte anvendeligt i Radioteknikken, men ved passende Imprægnering kan det blive et ypperligt Isolationsmateriale. Er det meget omhyggeligt imprægneret med Paraffin, kan det med Fordel anvendes som Dielektrikum i store Kondensatorer, navnlig i saadanne, der kun benyttes til lavfrekvente Strømme. Imprægneret med Paraffin eller Skællak det udmærket til Spoleforme o. l. Presspan er et papirlignende, stærkt imprægneret Stof, der kan købes i store Ark eller Plader i forskellig Tykkelse som Papir eller Pap. Det er stærkt isolerende og kan ligeledes benyttes til Spoleforme m. m.

Gennemslagsspændingen er c. 8000 Volt/mm, Dielektricitetskonstanten c. 2,5 og Vægtfylden omkring 1,4.

Olier.

81. Til Isolation i Kondensatorer, som skal staa for høje Spændinger, samt til Køling og Isolation i store Transformatorer og Drosselspoler benyttes ofte Olier. For at kunne bruges maa Olierne være fuldstændig befriet for Fugtighed og Urenheder af enhver Art, saaledes som det er Tilfældet med den bedste Transformatorolie. Baade denne og ren Paraffinolie er meget anvendelige og giver forsvindende smaa dielektriske Tab.

God Transformatorolie har en Dielektricitetskonstant paa 2—4, medens denne for Paraffinolie ligger mellem 2 og 2,5. Begge Olier kan naa en Gennemslagsspænding paa op mod 100 000 Volt/cm.

Ledende Materialer. Højfrekvensmodstand.

82. Idet vi forudsætter de almindeligste ledende Materialer og deres vigtigste Egenskaber kendt fra den almindelige

Fysik og Elektroteknik, skal der her blot omtales nogle særlige Forhold, som gør sig gældende i Højfrekvensteknikken.

Medens man ved Jævnstrøm og ved lavfrekvent Vekselstrøm simpelthen regner, at en Metaltraads Modstand er afhængig af Stoffet, er proportional med Traadlængden og omvendt proportional med Tværsnitsarealet, kan man ikke uden videre anlægge den samme Betragtningssaaede, naar Lederen gennemløbes af højfrekvente Strømme. Paa Grund af de kraftige Induktionsvirkninger, der opstaar, naar en højfrekvent Strøm blot gennemløber en enkelt Leder, vil Strømmen søge ud mod Lederens Overflade, saaledes at man inde ved Traadens Midte kun har en ringe — men ude ved Overfladen en stor Strømtæthed. Heraf følger en forøget Modstand i Traaden, og det er nu ikke alene Traadens Tværsnitsareal, der bestemmer Modstanden pr. Længdeenhed, men ogsaa dens Overfladeareal.

Man kan naturligvis let opnaa en ringe Højfrekvensmodstand ved at benytte tykke Ledere, da disse jo ogsaa har en stor Overflade, men den samme Højfrekvensmodstand kan ogsaa opnaaes med en betydelig Materialebesparelse ved at danne Lederen af hule Rør. Da Strømmen jo hovedsagelig løber paa Lederens Overflade, kan Materialet i Lederens Midte jo undværes, uden at Modstanden forøges væsentlig. Man kan ogsaa danne Lederen af et stort Antal indbyrdes isolerede, sammensnoede ganske tynde Traade, der kun er sammenloddede ved Enderne. De enkelte Traade er da isoleret med et ganske tyndt Emaillelag. Disse Traades samlede Overflade er langt større end Overfladen paa en enkelt Leder med samme Tværsnitsareal, og man opnaar derfor en i Forhold til Materiale-mængden og Ledningstykkelserne ringe Højfrekvensmodstand. Ledningstraad af denne Art kaldes som Regel *Litze*.

Iøvrigt anvendes ogsaa i Radioteknikken som Regel Kobber til Ledninger.

Til andre ledende Dele, f. Eks. til Kondensatorplader bruges ogsaa Messing, Zink og Aluminium.

Kondensatorer.

83. En Kondensators Kapacitet er afhængig af Pladernes Areal, af deres indbyrdes Afstand og af Isolationsstoffets Dielektricitetskonstant. Bestaar en Kondensator blot af to parallelle Metalplader, adskilt ved et tyndt Lag Luft, saa er denne Kondensators Kapacitet C med stor Tilnærmelse bestemt ved følgende Udtryk: $C = \frac{A}{4\pi \cdot d}$ cm.

Her er A Arealet af den Del af den ene Kondensatorplade, som overlappes af den anden. Arealet maales i cm^2 . Afstanden d mellem Pladerne maales i cm.

Anbringes saaledes to lige store Metalplader lige overfor hinanden i en Afstand af $3 \text{ mm} = 0,3 \text{ cm}$, og maaler hver Plade $4 \times 5 \text{ cm}$, saa bliver Kapaciteten

$$C = \frac{4 \times 5}{4 \cdot 3,14 \cdot 0,3} = \text{c. } 5,3 \text{ cm.}$$

For ikke at faa Pladerne for store, kan man til større Kondensatorer benytte mange mindre, parallelle Plader. Plade Nr. 1, 3, 5, 7, o. s. v. forbindes da indbyrdes og danner det ene Pladesæt, medens de øvrige Plader Nr. 2, 4, 6, 8 o. s. v. forbindes indbyrdes og danner det andet Pladesæt. Er der ialt n Plader, bliver der $(n \div 2)$ Mellemrum, og hvis derfor to Plader overlapper hinanden med Arealet A , bliver Kapaciteten for hele Kondensatoren

$$C = \frac{A \cdot (n \div 2)}{4 \cdot \pi \cdot d} \text{ cm.}$$

Har man i Stedet for Luft et andet Isolationsmateriale med Dielektricitetskonstanten k mellem Pladerne, saa er det almindelige Udtryk for Kapaciteten C for en Kondensator med n parallelle Plader:

$$C = \frac{A \cdot (n \div 2) \cdot k}{4 \cdot \pi \cdot d} \text{ cm.}$$

Dielektricitetskonstanten k er for en Del Stoffer omtrent som følger:

- k er for Luft c. 1
- for Bakelit (ren) 5,6—8,8
- for Ebonit 2—2,8
- for Glas 5—10
- for Glimmer 5—8
- for Celluloid c. 4
- for Paraffin c. 2,3
- for imprægn. Papir c. 1,8—3.

Til store Kondensatorer paa 2 eller flere Mfd. benyttes kun et ganske tyndt Isolationslag mellem Metalbelægningerne. F. Eks. paraffineret Papir. Naturligvis bliver Gennemslagsspændingen for saadanne Kondensatorer ikke særlig høj, hvorfor man til Brug ved høje Spændinger maa anvende flere saadanne *lige store* Kondensatorer i Serie. Er Kondensatorerne ikke lige store, bliver de ikke udsat for den samme Spænding.

I Radioteknikken anvendes de fleste Kondensatorer i Svingningskredse eller andre Steder, hvor de gennemløbes af højfrekvente Strømme. Det gælder da om at faa de mindst mulige dielektriske Tab i Kondensatorerne, hvorfor de til Modtagere næsten altid fremstilles med Luft- eller Glimmerisolation. Til Kondensatorer, som kun udsættes for lavfrekvente Strømme, kan godt bruges Papir.

I Sendere, hvor Kondensatorerne endvidere maa taale høje Spændinger og derfor bliver ret store, benyttes Luft-, Glimmer-, Mikanit-, Ebonit- eller Glasisolation. Endvidere Olie eller Paraffin — eventuelt sammen med et af forannævnte Stoffer.

84. I Modtagerteknikken benyttes som Regel variable Luftkondensatorer til Afstemning af Svingningskredsene. De fleste Kondensatorer har to parallelle Pladesæt, der kan bevæges saaledes, at hver Plade griber mere eller mindre ind mellem to andre. En saadan Kondensator med 1 fast og 1 bevægeligt

Pladesæt er vist i Bogens Fig. 1. Ogsaa begge Pladesæt kan være bevægelige.

Endvidere kan to eller flere lige store Kondensatorer være mekanisk sammenkoblede, for at man kan afstemme flere Svingningskredse samtidigt. En saadan dobbelt Kondensator er vist i Fig. 115, og en tredobbelt Kondensator, hvis Pladesæt er forbundet med Trækstænger, er vist i Fig. 116.

I variable Kondensatorer til Modtagere tilstræbes altid en bestemt Relation mellem Haandtagets Vinkeldrejning og Kapaciteten.

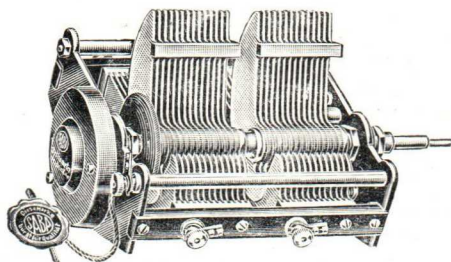


Fig. 115.

Har man at gøre med halvcirkulære, bevægelige Plader (Fig. 117 (a)), saa er det indlysende, at Kapaciteten indenfor et stort Omraade bliver proportional med Drejningsvinklen. Dette kan være af Betydning ved Maaleapparater o. l., men er ikke særligt fordelagtigt i Modtagere. I Fig. 117 (b) er vist, hvordan denne Kondensators Kapacitet varieres med Drejningsvinklen.

I en Modtager kunde man snarere have Brug for en Kondensator, der tillod, at *Egenbølgelængden* for en Svingningskreds blev varieret proportionalt med Vinkeldrejningen af Kondensatorskalaen.

Af Bølgelængdeformlen $\lambda = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$ ser man, at naar *Bølgelængden* skal være proportional med Skalaens Vinkeldrejning, saa skal denne igen være proportional med \sqrt{C} , og dette kan let opnaaes ved at give Rotorpladerne en særlig Form, som antydet i Fig. 118 (a). Af-

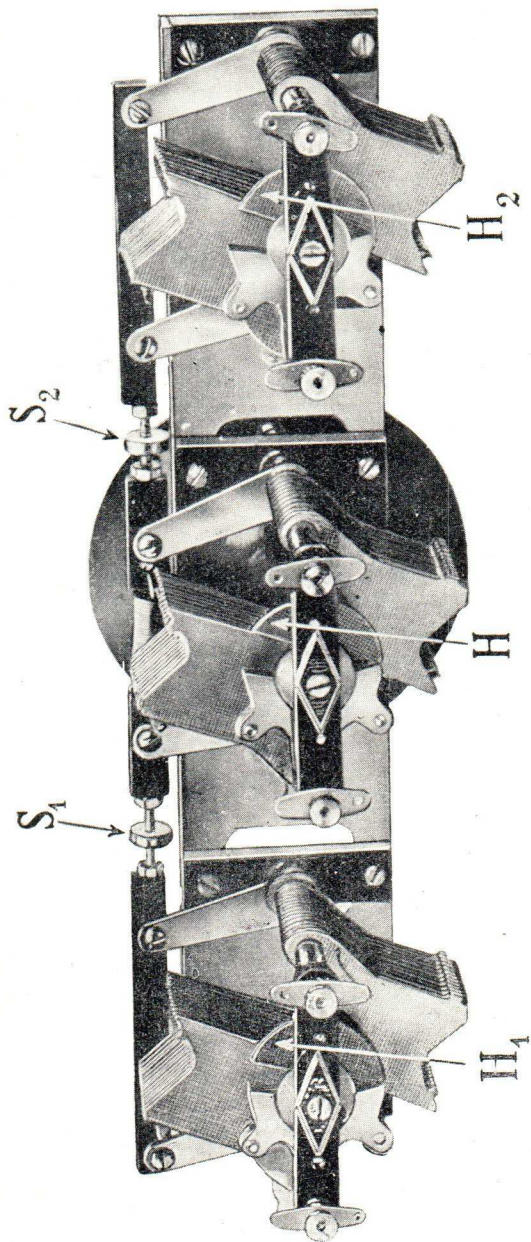


Fig. 116.

Logaritmisk Tregangskondensator („Torotor“) til samtidig ensartet Afstemning af 3 Svingskredse. Da de enkelte Kondensatorer er logaritmiske, behøver Spolerne i de tre Kredse ikke at have samme Selvinduktion. Indreguleringen sker da ved Stilleskruerne S_1 og S_2 i Trækstængerne, som sammenkobler de enkelte Kondensatorer. H_1 , H og H_2 er smaa Kondensatorer til Indstilling af Begyndelseskapaciteten.

hængigheden mellem Kapaciteten og Drejningsvinklen bliver da omtrent som vist i Fig. 118 (b) — et Stykke af en Parabel. En Kondensator af denne Art betegnes i Reglen ved det engelske Udtryk *square law* (Kvadrat-Lov).

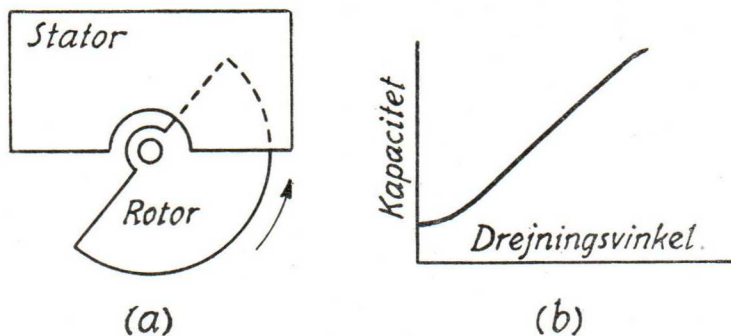


Fig. 117.

Det er nu indlysende, at man ved at give Rotorpladerne en passende Facon kan faa Kondensatorens Kapacitet ændret paa mange forskellige Maader i Forhold til Drejningsvinklen. I den saakaldte *straight line* Kondensator er det *Egenfrekven-*

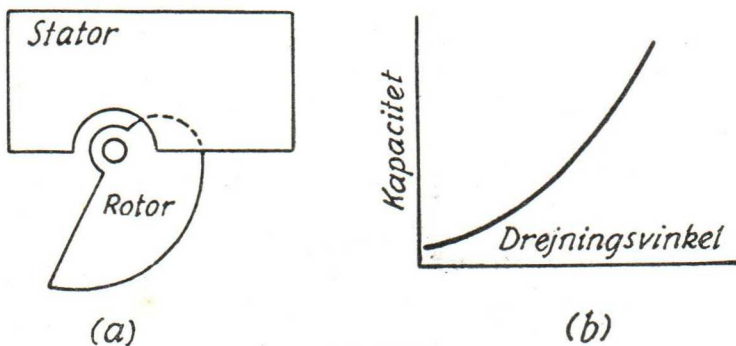


Fig. 118.

sen af en Svingningskreds, der varieres proportionalt med Skalaens Vinkeldrejning, og med den *logaritmiske* Kondensator opnaar man, at en given Forskel i Bølgelængde altid

svarer til det samme Antal Inddelinger paa Skalaen, uanset hvilke Spoler der benyttes i Svingningskredsen.

I den i Fig. 116 viste Kondensator er de enkelte Kondensatorer logaritmiske.

Til gode variable Kondensatorer maa stilles følgende Hovedkrav:

En solid mekanisk Konstruktion og en jævn, stødfri Drejning af Rotor.

En meget høj Isolationsmodstand mellem Stator og Rotor.

Den mindst mulige Anvendelse af faste Isolationsmaterialer i Nærheden af Pladesættene og saa tabsfrie Isolationsmaterialer som muligt. (Den meget anvendte Betegnelse *low loss* betyder netop: smaa dielektriske Tab).

Endelig maa som Regel forlanges en ringe Minimumskapacitet, for at man kan opnaa det størst mulige Bølgeomraade med en bestemt Spole.

Spoler.

85. Det er et overordentligt stort Antal forskellige Spolekonstruktioner, der i de senere Aar har fundet Anvendelse i Radio Modtagere. En Del af disse Spolekonstruktioner er fremkommet som Resultat af et bevidst Arbejde paa at forbedre Kvaliteten, medens mange andre blot er fremstillet i en eller anden original Facon for derved at gøre Varen salgbar.

Naar man undtager Spoler til ganske specielle Formaal, saa maa den første Fordring til en god Spole være den, at Tabene skal være smaa. Spolens ohmske Modstand giver som bekendt Anledning til Strømvarmetab, og Spolen maa derfor være viklede med en passende tyk Traad, uden at dens Dimensioner derfor maa blive uhensigtsmæssigt store. Det er her ikke nok at regne med den Modstand, der maales med Jævnstrøm, thi der vil altid i Spolerne vise sig en endnu større Modstand mod de højfrekvente Strømme, og man regner derfor ved Spoler med Højfrekvensmodstanden (maa ikke forveksles med den induk-

tive Modstand) ligesom tidligere omtalt for Ledere i Almindelighed.

Da de højfrequente Strømme søger ud mod Ledningstraadens Overflader, bliver Strømtætheden her større end inde ved Traadens Midte, og herved forøges den tilsyneladende Modstand af selve Traaden. Endvidere vil der paa Grund af Kapaciteten mellem Spolens enkelte Vindinger og eventuelt til Omgivelserne komme til at forløbe kapacitive Strømme, som dels bidrager til at forøge Strømtætheden i Vindingerne, og dels giver dielektriske Tab i Vindingernes Isolation og isole-rede Bærekonstruktion. I det hele taget kan man definere Høj-frekvensmodstanden som den Størrelse, der — multipliceret med Strømstyrkens Kvadrat — giver Watttabet i Spolen.

I en Svingningskreds, hvor en Spole er forbundet parallelt til en variabel Kondensator med største Kapacitet C_{\max} og mindste Kapacitet C_{\min} . skulde Kredens Egenbølgelængde altsaa kunne varieres mellem Værdierne $2\pi\sqrt{L \cdot C_{\max}}$ og $2\pi\sqrt{L \cdot C_{\min}}$. Her er der imidlertid ikke taget Hensyn til Spolens Egenkapacitet; kaldes denne for c , bliver disse to Udtryk til $2\pi\sqrt{L \cdot (C_{\max} + c)}$ og $2\pi\sqrt{L \cdot (C_{\min} + c)}$. Da c nu i Praxis ofte vil være meget lille i Forhold til C_{\max} , vil den største Bølgelængde, Kredsen kan afstemmes til, ikke forøges nævneværdigt af Spolens Egenkapacitet. Derimod kan c udmærket godt være betydelig i Forhold til C_{\min} , saaledes at Kredens mindste Bølgelængde kun kan naa ned til Halvdelen eller Trediedelen af den største Bølgelængde.

For i en Svingningskreds at opnaa det størst mulige Bølge-omraade med en given variabel Kondensator, maa Spolen altsaa have den mindst mulige Egenkapacitet. Denne bør ogsaa af Hensyn til de dielektriske Tab være saa lille som mulig, idet smaa kapacitive Strømme naturligvis ogsaa giver smaa dielektriske Tab.

Imidlertid er Konstruktionen af den ideelle Spole en temmelig vanskelig Sag. Lægger man nemlig Spolens enkelte Vindinger langt fra hinanden for at skaffe den en lille Egenkapacitet, saa faar man samtidig en mindre Selvinduktion. Der skal med

andre Ord en længere Ledning til Fremstilling af en given Selvinduktion, naar Vindingerne ligger langt fra hinanden, end naar de ligger tæt sammen. Med den forøgede Ledningslængde stiger nu Jævnstrømsmodstanden, saa det, der vindes paa eet Punkt kan let sættes til paa et andet. Det er saaledes lige saa meget ved Forsøg og sammenlignende Maalinger som ved Beregninger, at man har frembragt de bedste Spoleformer.

86. I Etlagsspolen forenes den simple Konstruktion med en passende Selvinduktion og ringe Egenkapacitet. Fig. 119

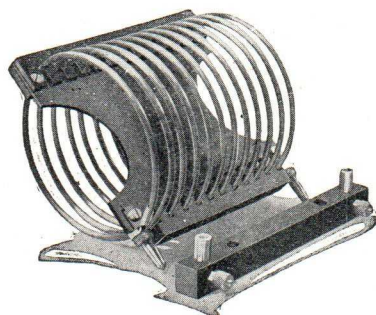


Fig. 119.

viser en saadan Spole med de enkelte Vindinger af svær Kobbertraad, som kun behøver en ringe Understøttelse for at holdes i Facon. Da der her kun er anvendt meget lidt Isolationsmateriale, bliver de dielektriske Tab smaa. Skal en saadan Spole have mange Vindinger, bliver disse af tynd Traad, der de kræver en solidere Spoleform. Traaden, der er isoleret, kan da vikles i tætliggende Vindinger paa et cylindrisk Rør af Pap, Træ eller Ebonit, eller hvad der er endnu bedre, paa en stjerneformet Spoleform af Ebonit, saaledes som vist i Fig. 120.

Den hidtil hyppigst anvendte Modtagerspole er den i Fig. 121 viste Honeycombspole. Denne er en Flerlagsspole, hvor første Lag Vindinger er viklet paa en Papcylinder, og hvor alle Vindinger krydser hinanden paa en ejendommelig og systematisk Maade. Hver enkelt Vinding har gennemgaende en bety-

delig Afstand fra den næstfølgende og berører kun de øvrige Vindinger i et begrænset Antal Punkter. Disse Spoler har en forholdsvis ringe Egenkapacitet og de har dog paa Grund af den kompakte Vikling en forholdsvis høj Selvinduktion. Spolerne vikles paa Maskine, men kan ogsaa fremstilles i Haanden.

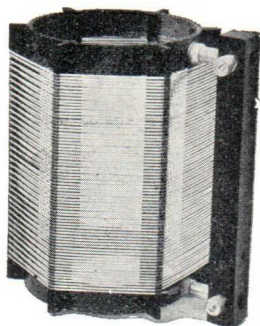


Fig. 120.

Spoler, hvor Nabovindinger kun berører hinanden i enkelte Punkter, kan f. Eks. ogsaa fremstilles paa de i Fig. 122 viste Maader. Her er i en Træklds, langs en Cirkel, boret 9 Huller



Fig. 121.

(eller et andet ulige Antal) og i Hullerne er anbragt lodretstaaende, parallelle Stænger s. Uden om disse Stænger vikles Magnettraaden saaledes som antydte i (a) eller (b) eller paa en lignende Maade. Man faar da regelmæssige, høje, cylindriske eller prismatiske Spoler, som minder i Princippet om Eetlags Spolerne. Naar det fornødne Antal Vindinger er viklet,

udstrækkes Stængerne, og den forholdsvis løse Spole afstives da ved Sammenbinding af Vindingerne eller ved Neddypning af hele Spolen i Lak, smeltet Paraffin eller lignende.

I Stedet for at anbringe Stængerne parallele i en Klods, kan man anbringe dem paa en cylindrisk Overflade, saaledes at de

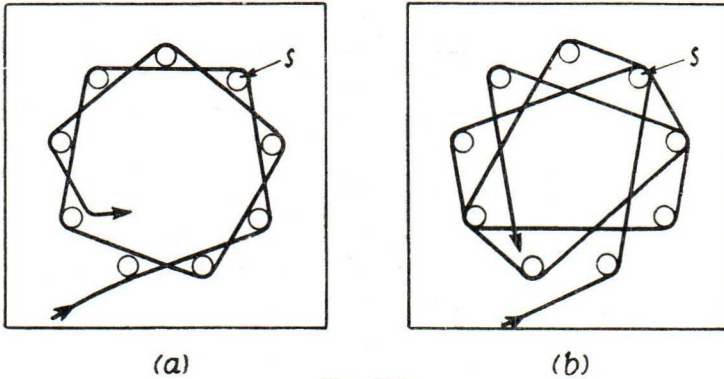


Fig. 122.

straaler radiært ud til alle Sider. En Vikling svarende til den i forrige Fig. i (a), vil da give den saakaldte „Pandekagespole“.

De her nævnte og mange lignende Spoler kaldes ofte „Low-loss-Spoler“, fordi de paa Grund af deres ringe Egenkapacitet kun skulde give smaa Højfrekvenstab. Det er imidlertid indlysende, at der kun er Tale om virkelige Lavtabsspoler, hvis de Isolationsmaterialer, der bruges til Afstivning og Imprægnering af Spolerne, har smaa dielektriske Tab og ikke er til Stede i større Mængder. Til Imprægneringen er ofte benyttet Celluloid opløst i Acetone, men denne Imprægnering bør ikke benyttes paa Grund af Celluloidets uheldige dielektriske Egenskaber. Skællak er ogsaa et hyppigt benyttet Imprægneringsmiddel.

Undertiden bruges ogsaa ganske flade Spoler, blot bestaaende af en enkelt Spiral. Denne Slags Spoler har navnlig fundet Anvendelse i Gnistsendere, hvor der ofte kun kræves en

ringe Selvinduktion, og da de her kan udføres af brede Kobberbaand, faas en solid og praktisk mekanisk Konstruktion.

Ofte har man Brug for Spoler, hvis Selvinduktion kan varieres kontinuerligt eller i større eller mindre Spring. Der er allerede Side 47 omtalt en Etlagsspole, hvor Selvinduktionen kan varieres ganske kontinuerligt ved at skyde en Kobbercylinder mere eller mindre ind over Spolen.

Er en Spole forbundet med en variabel Kondensator til en Svingningskreds, har man ofte Brug for at kunne variere Spolens Selvinduktion i Spring for dermed at opnaa et forøget Bølgeomraade. Ved Etlagsspoler kan dette f. Eks. gøres som vist i Fig. 123, hvor med passende Mellemrum en Vinding er sløj-

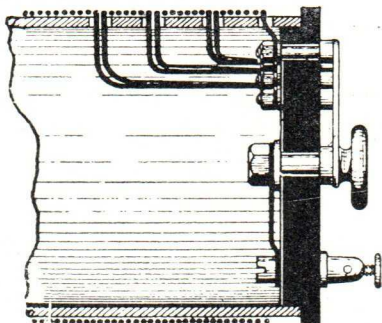


Fig. 123.

fet ud til Kontaktknapper paa Spolens ene Endebund. Til Honeycombspoler o. l. kan ogsaa benyttes Kontaktknapper og Kontaktarm som i Fig. 124. Etlagsspoler kan ogsaa varieres Vinding for Vinding ved Hjælp af en Skydekontakt, der bevæges langs Spolen.

87. Til kontinuerlig Variation af Selvinduktionen benyttes ogsaa *Variometre*. I Princippet bestaar disse af to serieforbundne Spoler, som kan bevæges i Forhold til hinanden. Anbringes nu de to Spoler saaledes i Forhold til hinanden, at der fra Strømme i den ene Spole ingen Spændinger kan induceres

over i den anden, saa er Systemets samlede Selvinduktion lig med Summen af de to Spolers Selvinduktion $L_1 + L_2$, og Spolerne siges da at være anbragt induktionsfrit i Forhold til hin-

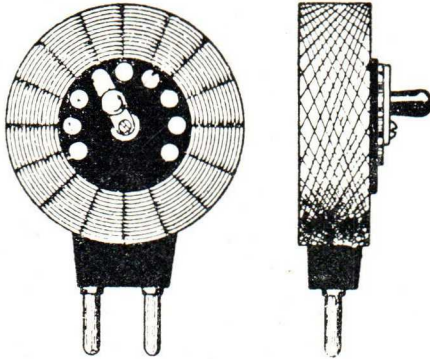


Fig. 124.

anden. I Fig. 125 er vist saadanne to, indbyrdes bevægelige og serieforbundne Spoler, hvor man kan følge Viklingsretningen Anbringes nu disse Spoler med Fladerne mod hinanden og med

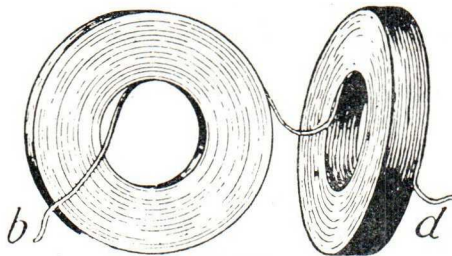


Fig. 125.

uafbrudt Omløbsretning for Viklingen, saa vil de ved Strømgennemgang forstærke hinandens magnetiske Felt og deres samlede Selvinduktion bliver da større end $L_1 + L_2$. Anbringes Spolerne parallelt, men saaledes at de ved Strømgennemgang svækker hinandens Felt, saa bliver den samlede Selvinduktion mindre end $L_1 + L_2$.

I Praksis fremstilles Variometret ofte som to cirkulære Spoler, hvoraf den ene kan drejes inde i den anden. Se Fig. 126

Den ydre Vikling (Statorviklingen) begynder ved a og ved c gaar den i en bøjelig Ledning over i Rotorviklingen, der ender ved b. Selvinduktionen mellem a og b varieres altsaa her ved

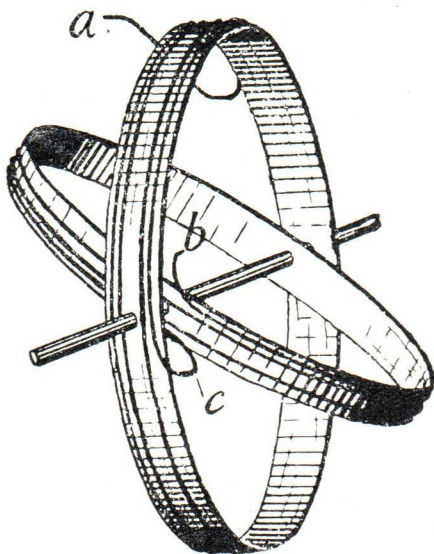


Fig. 126.

Drejning af den indre Spole i Forhold til den ydre.

Man har lignende Variometre, hvor Vindingerne er viklet over kugleformede Skabeloner, saa de to Viklingssæt kommer til at ligge tæt op ad hinanden, idet man herved opnaar en betydelig Variation af Selvinduktionen, men ganske vist ogsaa en antagelig Kapacitet mellem de to Viklingssæt. Samme Fordele og Mangler knytter sig til de cylinderformede Variometre, hvor Vindingerne ligger langs Cylinderens Frembringere.

I øvrigt forefindes Variometre i en stor Mængde forskellige Konstruktioner. Man har Variometre af flade Spoler, der bevæges ved Parallelforskydning, og man har Variometre, der blot bestaar af en enkelt Spole, hvis Form kan forandres. Er Spolen f. Eks. cirkulær, men kan presses sammen i aflang oval Facon, saa bliver det af Vindingerne indesluttede Kraftlinieareal mindre, hvorved ogsaa Spolens Selvinduktion aftager.

88. Af forskellige Grunde benyttes undertiden Spoler med svagt ydre Felt. For det første kan man herved søge at undgaa utilsigtet Kobling mellem forskellige Spoler i samme Modtager; man kan ønske at undgaa Hvirvelstrøms- og Hysterese-tab i nærliggende Konstruktionsdele og man kan endelig søge at undgaa direkte Induktion i Spolerne fra en nærliggende Sender, idet en Spole med svagt ydre Felt naturligvis ogsaa kun i ringe Grad lader sig paavirke af ydre Felter.

Blandt de mange Konstruktioner, der har været foreslaaet, er den simpleste den at skærme Spolerne enkeltvis med et Metalhylster, men herved indføres naturligvis nogen Dæmpning paa Grund af Spolens Nærhed ved Metallet. Ønsker man kun at skærme Spolerne mod Induktion fra ydre Felter (nærliggende Sendere) kan man naturligvis skærme hele Modtageren ved at bygge den ind i en Metalkasse, og da Metallet her holdes i større Afstand fra Spolerne, kan Tabene gøres langt mindre, end i de enkeltvis skærmede Spoler.

Er en Spole eller Transformator indbygget i en helt lukket Kobberkasse, der holdes jordbundet, saa er Spolen i høj Grad skærmet baade mod kapacitiv og induktiv Kobling udefra. Hvis Metalskærmen opslidses saaledes som vist i Fig. 127, saa

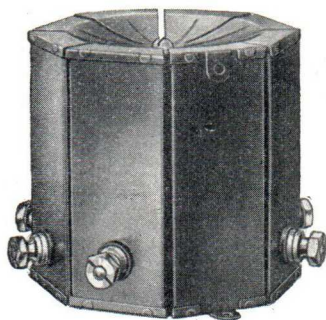


Fig. 127.

skærmer den stadig godt mod kapacitiv Kobling, men noget mindre mod induktiv Kobling; men ved Opslidsningen har man

opnaaet at formindske Hvirvelstrømstabene i Skærmen. En Spole med aftagelig, tæt Skærm er vist i Fig. 128.

Man har ogsaa fremstillet Spoler saaledes viklet, at der af en Strøm i Spolen frembringes flere magnetiske Felter, som ophæver hinandens Virkning i nogen Afstand fra Spolen. Saadanne Spoler kan være ganske upaavirkelige af elektriske Fænomener, som foregaar i passende Afstand, medens de ikke

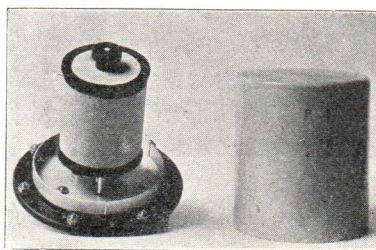


Fig. 128.

giver absolut Induktionsfrihed mellem to Spoler anbragt nær hinanden. Eksempler paa saadanne Spoler er den i Fig. 129

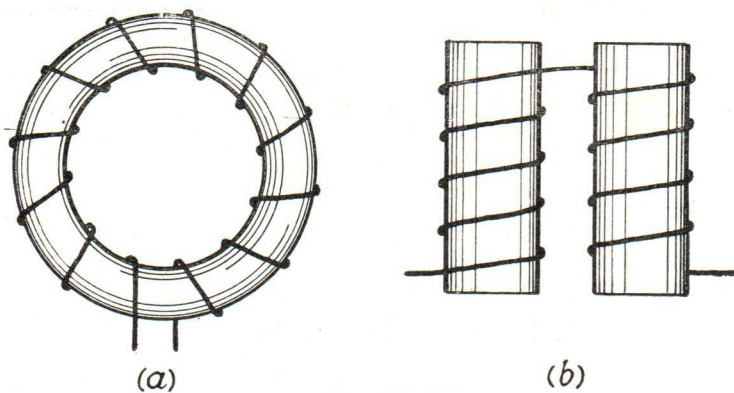


Fig. 129.

(a) viste *Toroidspole* og den i (b) viste *Brillespole*. En praktisk Udførelsesform for Toroidspolen ses i Fig. 130.

Saadanne Spoler kan ogsaa simpelthen dannes af to lige

store og serieforbundne Honeycombspoler, som anbringes med faa Millimeters Afstand med Fladerne mod hinanden og forbundet saaledes, at de modvirker hinandens magnetiske Felter.

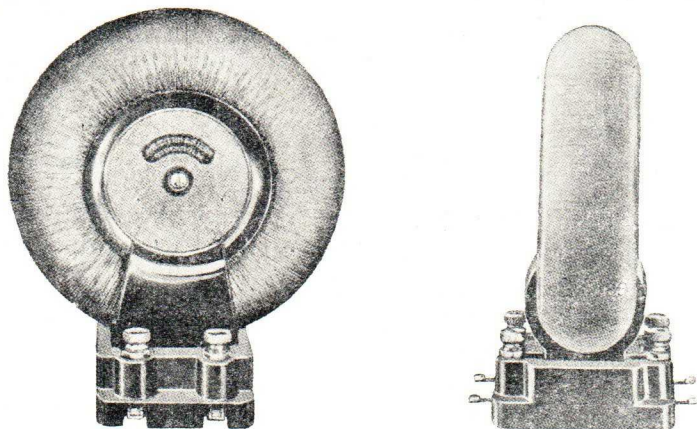


Fig. 130.

89. I mange Tilfælde har man Brug for Spoler, der kun skal tjene til Afspærring for Vekselstrømme, medens de maa lade Jævnstrøm af passende Styrke passere. Saadanne Drosselspoler maa — navnlig naar de anvendes til Afspærring af højfrequente Strømme — vikles saaledes, at de faar en stor Selvinduktion, men meget ringe Kapacitet mellem Vindingerne, idet en saadan Kapacitet vil danne en *Bro* eller *Shunt*, der tillader en Del af de højfrequente Strømme at slippe gennem Spolen. Højfrekvens Drosselspoler vikles derfor ofte i Sektioner, som

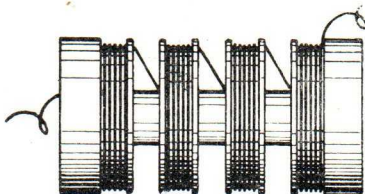


Fig. 131.

vist i Fig 131. Her er i et rundt Stykke Ebonit drejet en Del dybe Riller og hveranden af disse Riller er viklet fuld af Mag-

nettraad. Der dannes saaledes en Del serieforbundne, skiveformede Spoler med ringe indbyrdes Kapacitet. Ogsaa Etlags-spoler er udmærket til dette Brug, naar de kan vikles med mange Vindinger af forholdsvis tynd Traad. Saadanne Drosselspoler anvendes f. Eks. ofte som Anode-Drosselspoler til Senderlamper.

Ved Lavfrekvens-Drosselspoler, f. Eks. til reaktanskoblede Lavfrekvensforstærkere maa Selvinduktionen være meget stor, ofte 10—100 Henry eller mere, men til Gengæld behøver man da ikke at tage slet saa vidtgaaende Hensyn til Egenkapaciteten. For at opnaa den store Selvinduktion forsynes Spolerne som oftest med en Jernkerne af lamelleret Jern eller Jerntraad. En Taledrossel (speech choke) til en middelstor Sender ses

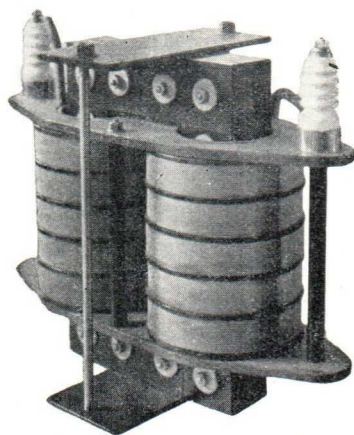


Fig. 132.

i Fig. 132. Her er dog ogsaa benyttet Sektionsvikling, hvad der er af Betydning paa Grund af de høje Spændinger, der kan opstaa i en saadan Spole.

Transformatorer.

90. Det er allerede under Omtalen af Audionlampen som

Forstærker fremhævet, hvilken Betydning det har at faa den størst mulige primære Selvinduktion i en Lavfrekvenstransformator. Som Regel er der mange flere Sekundervindinger i Transformatoren end Primærvindinger, fordi man ønsker Spændingen sat højere i Vejret, end Lampens Forstærkningsfaktor tillader ved Reaktanskobling. Der er imidlertid ogsaa en Grænse for, hvor højt det betaler sig at sætte Spændingen i Vejret. Paa Grund af Sekundærviklingens store Vindingstal kan denne Vikling vanskeligt vikles kapacitetsfrit, og de høje Spændinger vil derfor give Anledning til en uheldig Belastning med kapacitive Strømme. Da man har en meget høj ohmsk Modstand i Sekundærviklingen, vil de kapacitive Strømme let give saa store Spændingstab, at man slet ikke opnaar en Forstærkning svarende til Transformatorens Omsætningsforhold. Desuden opstaar en særlig Forvrængning, fordi de høje Frekvenser giver stærkere kapacitive Strømme, end de lave Frekvenser.

Lavfrekvenstransformatorerne fremstilles oftest med lukket Jernkerne og vikles med emailleisoleret Kobbertraad i Tykkelser mellem 0,03 og 0,1 mm. En god Transformator maa naturligvis først og fremmest have smaa Kobber- og Jerntab, og Jernkernen maa være ret svær, da man faar den bedste Gengivelse, naar der arbejdes med en ringe magnetisk Mætning. Af Hensyn til den kapacitive Kobling mellem Primær- og Sekundærviklingen, er Viklingsenderne mærket saaledes, at Transformatoren altid kan forbindes i Forstærkeren paa den mest hensigtsmæssige Maade. P_1 forbindes til Plade, P_0 til Anodebatteri, S_1 til Gitter og S_0 til Gitterbatteri.

En Transformators Godhed bedømmes bedst ved en Laboratorieundersøgelse, hvor man benytter den i Forbindelse med en Forstærkerlampe og undersøger den samlede Spændingsforstærkning ved forskellige Frekvenser. I Fig. 133 viser Kurven a en næsten ideel Forstærkning for alle Frekvenser. Kun faar man for lav Forstærkning, naar Frekvensen naar under nogle faa Hundrede, idet Transformatorviklingens induktive Modstand naturligvis altid vil nærme sig til Nul, naar Fre-

kvensen nærmer sig Nul. Kurverne b og c viser Forstærknin-
gen for daarlige Transformatorer, der begge forstærker Vek-
selstrømme med Frekvenser paa 3—4000 uforholdsmæssigt
stærkt.

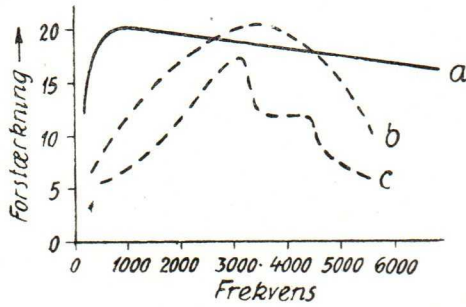


Fig. 133.

Moderne Transformatorer er næsten altid indkapslet i Me-
tallhylstre, der dog nærmest kun har Betydning som en rent
mekanisk Beskyttelse af Viklingen.

En særlig kapacitetsfri Vikling til fine Transformatorer op-
naas enten ved Vikling i Sektioner med smaa Luftmellemlum
eller ved at vikle Kobbertraaden sammen med en tynd Bom-
uldstraad eller lignende, som da skaffer Plads mellem de en-
kelte Vindinger. Ogsaa lagvis Vikling med Papirisolation mel-
lem de enkelte Viklingslag er hyppigt benyttet.

Antenner.

Antennemodstand.

91. Antennesystemet er at betragte som en Svingningskreds med stor Afstand mellem Kondensatorpladerne. Selvinduktionen i denne Kreds udgøres af selve Antennetraadene, af Nedføringen og af eventuelle Spoler indskudt mellem Antenne og Jord. Kapaciteten er hovedsagelig tilstede mellem Antenne (og Nedføring) og Jord. Som andre Svingningskredse har ogsaa Antennen en Egenfrekvens, der afhænger af de samlede Værdier af Kapacitet og Selvinduktion, og følgelig paavirkes Antennesystemet kraftigst af indkomne Bølger, hvis Frekvens er den samme som Antennens Egenfrekvens.

Tænker man sig et Antennesystem, der kun bestaar af en enkelt retliniet Leder, uden Jordforbindelse og fjernt fra alle Omgivelser (Fig. 134 (a)), saa kan den naturlige Frekvens eller Bølgelængde let bestemmes her. Ved Induktion fra en med Antennesystemet afstemt Generator vil der nemlig danne sig *staaende Svingninger i Lederen*. I et givet Øjeblik vil f. Eks. positiv Elektricitet strømme til Lederens øverste og negativ til dens nederste Ende. Da hvert Ledertværsnit gennemløbes af Ladestrømmen til det udenfor liggende Stykke af Lederen, indses det let, at Strømstyrken maa være størst i Lederens Midte og naturligvis Nul ved dens Ender. Derimod vil den elektriske Spænding være Nul ved Lederens Midte og tiltage ud mod dens Ender efter den i Figuren viste Kurve. Spændingen mellem to af Lederens Punkter vil jo afhænge af den Selv-

induktion, der findes mellem Punkterne og vil derfor blive desto større, jo længere Punkterne er fjernet fra hinanden.

Spændingskurven, som er vist i Figuren, er i Form det halve af een Periode. Da Elektriciteten bevæger sig i Lederen med

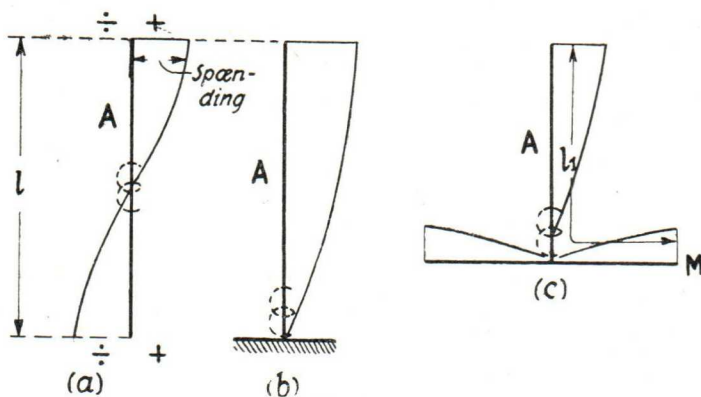


Fig. 134.

Lysets Hastighed, altsaa med 3×10^8 m./Sek., saa vil der altsaa kræves $\frac{2 \cdot l}{3 \cdot 10^8}$ Sek. før en hel Periode er forløbet i Lederen og Bølgelængden maa da være $2l$, idet $f = \frac{1}{T}$ og $\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{f}$

Man ser altsaa, at den naturlige Bølgelængde for en saadan enkelt retliniet Leder maa være det dobbelte af Lederens Længde.

Har man som i Fig. 134 (b) en enkelttraadet lodret og jordforbundet Antenne, saa virker Jorden som den ene Kondensatorbelægning i Svingningskredsen, og man faar da den viste Spændingskurve. Den naturlige Bølgelængde for dette System bliver da 4 Gange Antennelængden. Hvis man endelig som i Fig. 134 (c) har en Antenne A med Modvægt M, saa bliver ogsaa Bølgelængden 4 Gange Antennelængden — eller mere nøjagtigt 2 Gange Længden l_1 .

Baade ved Sending og Modtagning gælder det om at have Antennekredsen saa lidt dæmpet som muligt. Man skal med andre Ord søge at opnaa den mindst mulige Tabsmodstand i Antennen.

Jævnstrømsmodstanden kan let gøres lille ved Anvendelse af tykke Antennetraade og en god Jordforbindelse, men ogsaa Højtfrekvensmodstanden maa der tages Hensyn til, idet den kan formindskes ved Anvendelse af flere parallelle Antennetraade og ved at lave de enkelte Ledere af flertraadet Kabel.

Ogsaa Afledning over Antennens Isolation vil virke som tabsgivende Modstande.

92. Fra en Senderantenne kan udstraales Energi som elektromagnetiske Bølger. Denne Energi tages naturligvis fra Svingningerne i Antennen, saaledes at en vis Del af Antenneenergien omsættes til Varme paa Grund af Tabsmodstandene, medens Resten udsendes som elektromagnetiske Bølger. Den samlede Energi i Antennen vil vi nu ligesom i den almindelige Elektroteknik udtrykke ved $A = I^2 \cdot R$, hvor I er Antennestrømmen og R er Modstanden. Da dette Udtryk baade omfatter Tabene og den udstraalede Energi, kan man sætte den samlede Antennemodstand R lig med $r_t + r_u$ idet man i r_t har sammenfattet alle de forekomne Tabsmodstande.

Udtrykket for Antenneenergien bliver da:

$$A = I^2 (r_t + r_u) = I^2 \cdot r_t + I^2 \cdot r_u$$

Her er $I^2 \cdot r_t$ den Energi, der gaar tabt som Varme, medens $I^2 \cdot r_u$ er den udstraalede og altsaa nyttiggjorte Energimængde, og r_u kaldes derfor Udstraalingsmodstanden.

Man ser umiddelbart heraf, at det gælder om at faa Udstraalingsmodstanden stor og Tabsmodstandene smaa, for at faa den størst mulige Del af Antenne-Energien udstraaleet.

Stor Udstraalingsmodstand giver altsaa stor Udstraalingsevne for en Senderantenne og betyder for en Modtagerantenne stor Modtagelighed for de indkomne Bølger.

Udstraalingsmodstanden kan beregnes af Antennes Form og Dimensioner. I Almindelighed har man

$$r_u = 160 \cdot \pi^2 \frac{h^2}{\lambda^2}$$

hvor λ er Bølgelængden og h den saakaldte *virksomme Antennehøjde*. Denne er altid noget mindre end den maksimale

Antennehøjde H_{\max} og vil for de forskellige i Fig. 135 viste Antenneformer have omtrent følgende Værdier:

For en enkelt lodret Antennetraad (Fig. 135 (a)) have:

$$\text{omtrent } h = 0,5 H_{\max}$$

For Paraplyantennen (b): $h = 0,75.H_{\max}$

For T-Antennen (og event. L-Antennen) (c): $h = H_{\max}$

For Harpeantennen (d): $h = 0,6.H_{\max}$

Disse Værdier er kun tilnærmede, men de viser tydeligt L og T-Antennens store Effektivitet i Forhold til andre Antenneformer.

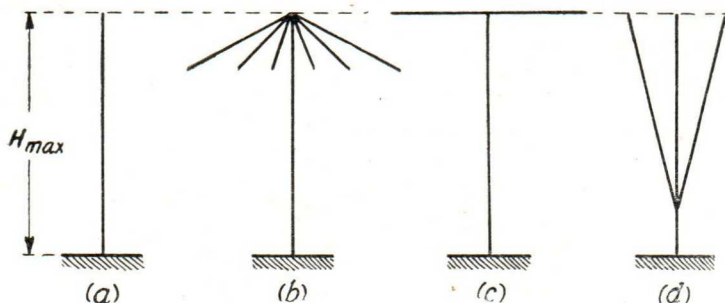


Fig. 135.

Antennebygning i fri Luft.

93. Man kan angive følgende almindelige Hovedregler for Antennebygning, hvadenten det gælder Sende- eller Modtageantenner.

Antennetraadene skal have rigelig mekanisk Styrke og naturligvis ligesom Stærkstrømsledninger have et passende Nedhæng, saa de ikke overbelastes ved Kulde og ved Snebelastning.

I elektrisk Henseende skal Antennen have den mindst mulige Tabsmodstand og den efter Omstændighederne højst opnaaelige Udstraalingsmodstand.

Antenneisolationen skal være meget rigelig. Som Regel benyttes glasserede Porcellainsisolatorer, idet disses Overflade ikke let bliver ledende. I det lange Løb vil dog Regn og Smuds — eventuelt Forbrændingsprodukter fra Skorstene o. l. — gøre Overfladen mindre isolerende og Isolatorerne maa da renses.

Alle ledende Forbindelser skal være udført med den allerstørste Omhu. Saadanne Forbindelser bør loddes og anordnes saaledes, at de ikke udsættes for Træk eller andre meka-

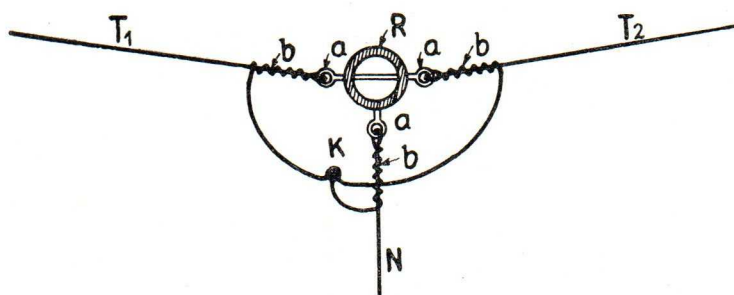


Fig. 136.

niske Paavirkninger i Loddestedet. I Fig. 16 er saaledes T_1 og T_2 to Antennetraade i en T-Antenne. R. er Midderraaen (set i Snit), hvortil de forbindes ved at føres gennem Øjerne a for derefter ved Splejsninger eller lign. b at sikres mekanisk. Nedføringstraaden N befæstes til Raaen paa samme Maade. Efter Splejsningen afklippes Traadenderne saa langt ude, at alle tre Traadender kan sammenloddet i en Metalkugle K.

Antenner skal hænge frit. Er de delvis omgivet af Træer og Bygninger, kan disse i nogen Grad bevirke en Afskærmning for de ankomne Bølger. I mange Tilfælde kan man dog ikke undgaa at ophænge Antenner indenfor lukkede Huskarréer. Jo højere tilvejs Antennen da kan anbringes, desto bedre.

Baade Antenne og Nedføring maa holdes saa langt borte som muligt fra alle Bygningsdele, idet Induktionen i disse Dele fra Antennen kan bevirke ret store Tab og dermed følgende stærk Dæmpning.

Ved Opsætning af Antennen bør man naturligvis først og fremmest sørge for en stærk mekanisk Befæstelse, men dernæst bør man ogsaa overalt, hvor det kan lade sig gøre, indrette Antennen til Nedfiring for at man let kan foretage Eftersyn af Forbindelser og Isolatorer.

Til Modtageantenner vil man i Reglen ved hvert Befæstelsessted kunne nøjes med en Isolation, bestaaende af to eller tre, smaa eller middelstore Porcelainsæg forenet i en Ægstrop. Til Sendere anvendes bedst større Æg og længere Stropper eller Specialisolatorer (Knippelisolatorer o. l.).

Hvor Isolator-kæderne skal forbindes til Murværk, maa man tage dettes Soliditet i Betragtning. Særlig maa man være forsigtig ved Befæstelse til Skorstene, hvor Mørtelen mellem Stenene kan være skør og hensuldrende. Man har her ofte lagt en Strop af Antennetraad omkring Skorstenen, men dette maa absolut fraraades, da Stroppen skærer sig ind i Fugerne og ødelægger Skorstenen. Endvidere kan en saadan Strop let files over paa Stenene under Antennens stadige Bevægelser i Vinden. Et Beslag af tyndt Baandjern lagt om Skorstenens nederste Del vil altid være at foretrække.

Det er uheldigt at benytte Træer o. l., som kan bevæges stærkt af Vinden, til Befæstelse af Antennen, som da let vil bryde i Stormvejr.

Man bør altid holde Antenner borte fra Stærkstrømsledninger. Ved Krydsning af Antenner med Stærkstrømsledninger er der for det første Fare for at Antennen skal komme under Spænding ved Brud i det øverste System, og i alle Tilfælde skal man jo her rette sig efter Elektricitetskommissionens Bestemmelser om Krydsning med Stærkstrømsledninger, og dette vil i mange Tilfælde medføre saadanne Sikkerhedsforanstaltninger, at Antennen bliver ubrugelig eller meget kostbar.

94. Angaaende den mest hensigtsmæssige Antennestørrelse for Modtageranlæg kan man straks fastslaa, at man indenfor visse Grænser faar den kraftigste Modtagelse med den højeste og længste Antenne. Man maa imidlertid huske paa, at An-

tennen altid benyttes i Forbindelse med Kondensatorer og Spoler, hvorved Antennekredsens Egenbølglængde bliver afhængig af disse Størrelser. I Fig. 137 er vist 4 almindeligt an-

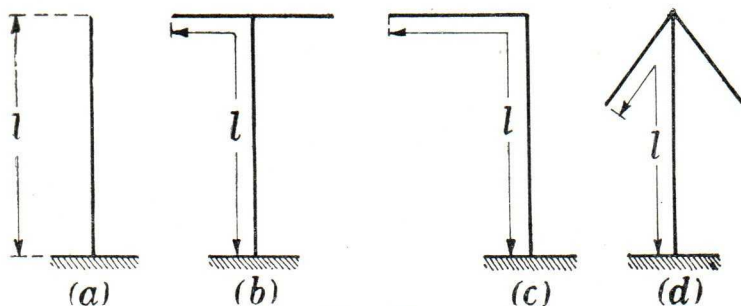


Fig. 137.

vendte Antenneformer, som iøvrigt er omtalt foran. Med en god Jordforbindelse, men uden indskudte Spoler eller Kondensatorer vil man for Antennen (a) finde Egenbølglængden $\lambda = 4 l$, for (b) faas $\lambda = 4,8 l$, for (c) faas $\lambda = 4,5 l$ og for (d) faas $\lambda = 4,8 l$.

Indkobles nu Spole og Kondensator i Antennekredsen, som vist i Fig. 138 (a), indses det let atAntennekredsen paa denne

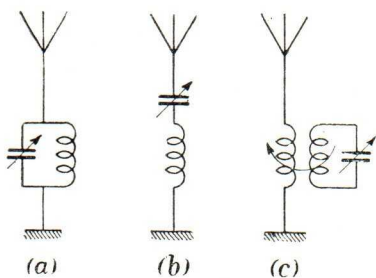


Fig. 138.

Maade kan afstemmes til Resonans med langt større Bølglængde end den oprindelige Antennes Egenbølglængde, men ikke til lavere Værdier. Skal man derfor afstemme til endnu kortere Bølglængder, maa man bruge den i Fig. 138 (b) vi-

ste Serieforbindelse, hvor man benævner Kondensatoren en *Forkortningskondensator*.

Naar denne Kondensators Kapacitet formindskes, aftager Antennekredsens Egenbølgelængde, men denne Forkortning kan kun drives til en vis Grad, der afhænger af Antennens Form og Egeskaber. Bliver Kondensatorens Kapacitet nemlig meget lille, saa vil den ovenfor liggende Antennedel optræde, som om den ikke havde nogen Jordforbindelse, og som om den gennem Kondensatoren var koblet meget løst til Spolen, og Systemets laveste Egenbølgelængde vil derfor komme til at ligge omkring 2 Gange Antennelængden. Er saaledes den laveste Bølgelængde, man skal modtage paa, c. 300 m., saa bør den samlede Antennelængde I være en Del mindre end 150 m., naar man vil sikre sig en kraftig Modtagelse.

Kobles Antennen uden variabel Afstemning til Modtagerens Indgangskreds som vist i Fig. 138 (c), eller paa lignende Maa-
de, saa kan man dog ofte her med Held modtage paa meget korte Bølgelængder. Antennespolens Størrelse bør dog rette sig en Del efter den Bølgelængde, man ønsker at modtage paa.

Indenfor de almindelige Radiofoni-Bølgelængders Omraade vil man som oftest af rent praktiske Grunde nøjes med mindre Antenner, end de, der vilde give de bedste Resultater. Som Norm for en saadan god eller middelgod Antenne kan man sætte en saadan, der bestaar af een eller to parallelle Traade i ca. 10 m. Højde over Jorden og c. 30 m. lange.

Indendørs Antenner.

95. Hvor Forholdene ikke tillader Bygning af en god Høj-
antenne, kan man undertiden med større Fordel anvende inden-
dørs Antenner.

En Stueantenne giver man som Regel den størst muligt Ud-
strækning, idet man lader Antennetraaden løbe som en lukket
Ring langs Væggen under Loftet. Det er her af stor Betydning

at der holdes god Afstand mellem Traaden og Væg og Loft, og Antennens Ophængning bør derfor foretages saaledes, at man ved høje Isolatorer eller ved smaa isolerede Stropper fra Hjørnerne holder Traaden i en Afstand af 10 til 20 cm. fra Bygningsdelene. Som Antennetraad anvendes bedst et c. 2 mm. tykt Kobber- eller Broncekabel og ligesom ved Friluft-Antenner maa Samlingen loddet.

Isolationen behøver ikke at være saa rigelig indendørs, idet Isolatorerne ikke er udsat for Fugtighed; men den bør paa den anden Side heller ikke være saa ringe, at Antennens Kapacitet til Bygningsdelene derved forøges væsentlig. En Strop med to eller tre Porcellainsringe vil som Regel gøre god Fyldest.

Rammeantennen benyttes kun til meget følsomme Modtagere eller til Modtagelse fra Lokalstation. I sidste Tilfælde kan den med Fordel anbringes fast paa en Væg, naar blot man sørger for en passende Afstand mellem Væg og Vindinger. Er Rammen paa den ene Side fastgjort til Væggen med lodrette Hængsler, kan den svinges ud, saaledes at dens Retningsvirkning kan udnyttes.

En god Rammeantenne maa være viklet af svær Magnettraad eller af *Litze*. Der maa være nogen Afstand mellem de enkelte Vindinger og dens Selvinduktion maa være saa stor, at den med en almindelig Kondensator (500 a 1000 cm) kan afstemmes til den ønskede Bølgelængde. Hvad Dimensionerne angaar, saa benyttes Rammer i næsten alle Størrelser, men til almindeligt Modtagerbrug benyttes oftest Rammer med en Sidelængde paa omkring 80 cm.

Ikke sjældent bruger man Lysininstallationen som Antenne. I en til Installationen knyttet Stikkontakt daase anbringes da en „Antenneprop“, der simpelthen bestaar af en lille Kondensator med meget stor Sikkerhed mod Gennemslag. Dens ene Belægning staar da i Forbindelse med Lysledningerne og den anden Belægning med Modtagerens Antenneklemkrue. Ved Lytning til Lokalstation gør Lysnettet ofte god Fyldest som Antenne, men ikke under alle Forhold til fjerne Stationer.

Om saadanne Antennepropper bestemmer Elektricitetskom-

missionen, at de skal være saaledes konstrueret, at Berøring af spændingsførende Dele er udelukket, og at Kondensatoren i 1 Minut skal kunne udholde en Prøvespænding paa mindst 1000 Volt Vekselstrøm eller 1400 Volt Jævnstrøm.

Jordforbindelse. Modvægt.

96. En god Jordforbindelse er ikke mindre vigtigt, end en god Antenne. Findes der nemlig store Overgangsmodstande til Jord, vil en betydelig Del af Antenneenergien gaa tabt her, navnlig da man paa dette Sted har de kraftigste Antennestrømme. Til Modtageanlæg i private Hjem benyttes ofte Vandrørene som „Jord“, idet disse Rør i elektrisk Henseende maa betragtes som korte tykke Ledninger, der fra Huset strækker sig ud under Jordoverfladen i store Længder. Naar Jordledningen skal forbindes til et Vandrør, maa dette skræbes fuldstændigt blankt det paagældende Sted og forsynes med en solid Klemindretning, som kan sikre en god Kontakt og varig Forbindelse. Former for saadanne Vandrørsklemmer er vist i Fig. 139 og 140.



Fig. 139.

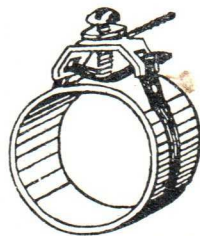


Fig. 140.

Man kan sikre sig en særlig god Jordforbindelse ved at nedgrave en 1 a 2 Kvadratmeter Kobberplade saa dybt i Jorden at den altid befinder sig i fugtige Jordlag. Til Kobberpladen maa da være nittet og loddet en lang Kobberstrimmel, som kan

naa op over Jordoverfladen til Befæstelse af den egentlige Jordledning. En tarveligere, men dog særdeles brugbar Jordforbindelse faas af et Jernrør (Vandrør), der drives lodret 1 à 2 m. ned i Jorden.

Indendørs bør baade Antenne- og Jordledning være saa korte, som muligt, og hvis det er nødvendigt at føre dem over større Afstande, er det bedst at holde dem i god Afstand fra Bygningsdelene (Vægge og Loft) for at undgaa Tab.

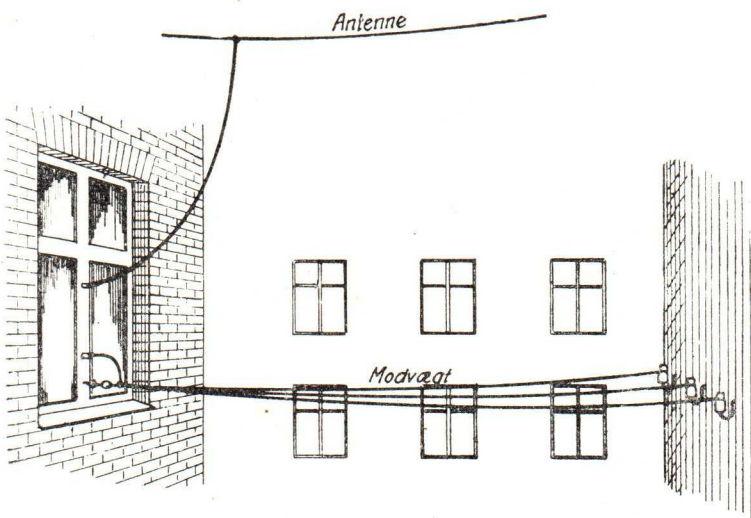


Fig. 141.

Hvor en lang Jordledning ikke kan undgaaes vil en Modvægt ofte være at foretrække. Har man f. Eks. Antenneindføringen i en Vinduespost, kan man som vist i Fig. 141 lave en anden isoleret Gennemføring længere nede til Modvægtsforbindelsen, og Modvægten kan da trækkes fra en Isolator nederst paa Vinduesposten og til en modstaaende Mur eller lignende. Modvægten kan da passende bestaa af 3—4 Traade vifteformet udspændt og godt isoleret fra Jord.

Man maa naturligvis sørge for den størst mulige Afstand mellem Antenne og Modvægt.

Antennens Retningsvirkning.

97. En almindelig Modtagerantenne optager nogenlunde lige godt Energi fra alle Retninger, naar da ikke særlige Skærmvirkninger gør sig gældende. Ligesaa med de mest almindelige Senderantennen, der udstråler Energi nogenlunde ligelig fordelt i alle Retninger. Dette gælder dog ikke ganske for L-Antennen, der bedst modtager eller udstråler Energi fra den Ende, hvor Nedføringen findes. En langt mere udpræget Retningsvirkning har Rammeantennen. Denne modtager den største Energimængde, naar den er drejet ind i en Plan gennem den fjerne Sender, medens Energioptagelsen praktisk talt er Nul, naar Rammen drejes vinkelret paa denne Retning.

I de saakaldte Pejlestationer gør man Brug af denne Virkning idet man anvender en kraftig Modtager i Forbindelse med en om en lodret Akse drejelig Rammeantenne. Man stiller da først Modtageren ind bedst muligt paa den fremmede Station, hvortil man søger Retningen, og derpaa drejes Rammen, indtil man finder en Stilling, hvor Signalerne helt forsvinder. Man ved da, at den fremmede Sender ligger i en Linie vinkelret paa Rammeantennens Plan.

Dette kan ogsaa benyttes til fuldstændig Stedbestemmelse

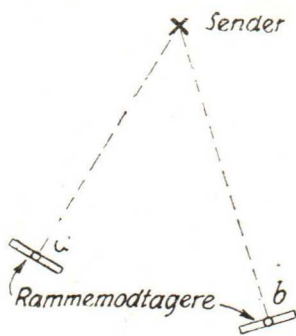


Fig. 142.

af en Sender. I Fig. 142 er a og b to Pejlestationer, som er kortlagt nøjagtigt. Ved Drejning af Rammerne findes nu fra hver Modtager Retningen til Senderen, og de to Retningslinier

indlægges paa Kortet. Hvor disse to Linier skærer hinanden findes da Senderen.

Saadanne Pejlinger benyttes ret hyppigt. F. Eks. kan et Skib bestemme sin Position ved Pejling med en enkelt Modtager til to forskellige Landstationer, der kendes efter deres Kal-designaler og kan findes paa Kortet. Ligeledes har man fra Flyvemaskiner i Taage bestemt Maskinens øjeblikkelige Position ved lignende Pejlinger.

Skal man fra en Sender udsende Energi i een bestemt Retning, da kan dette lettest gøres med korte Bølger. Radio-Bølgerne har nemlig med Hensyn til Brydning og Tilbagekastning de samme Egenskaber som Lysstraaerne, og man kan derfor ved Reflektorer dirigere Antenneenergien i en bestemt Retning. Paa Grund af Radio Bølgernes forholdsvise store Bølgelængde kan Reflektorerne bygges som grovmaskede Net eller af Antennetraade. I Fig. 143 er saaledes A en Kortbølgeantenne.

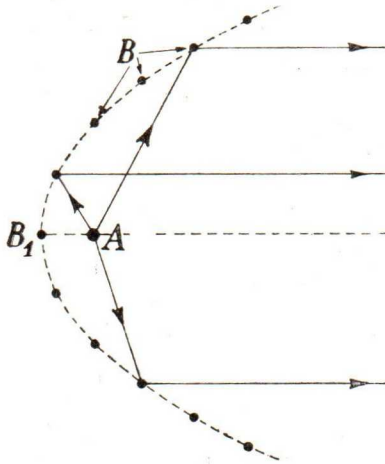


Fig. 143.

bestaaende af en enkelt lodret Traad (set i Snit) og B er lodrette Skærmtraade ophængt efter en Parabel med A i Brændpunktet. Er Afstanden fra A til B_1 og Afstanden mellem de enkelte Skærmtraade $\frac{1}{4} \lambda$, saa udsendes Energien i et paral-

let Straalebundt ganske som Lyset fra et parabolisk Hulspejl.

I et andet System, der er opfundet og benyttet af Marconi til de store engelske transatlantiske Stationer, bestaar Anten-

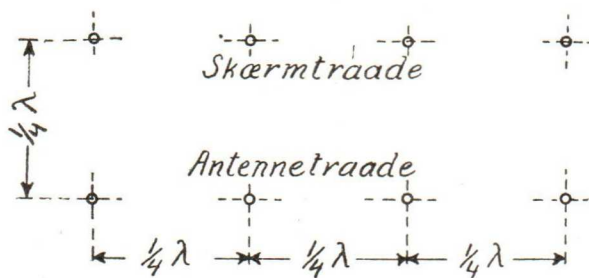


Fig. 144.

nesystemet af et stort Antal lodrette Antennetraade i samme Plan. Bag disse hænger et lignende eller større Antal Skærm-

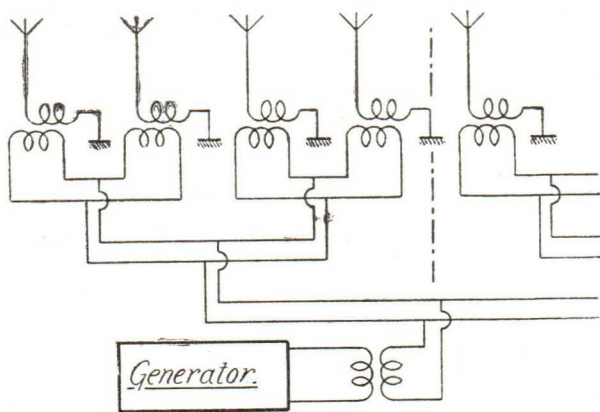


Fig. 145.

traade saaledes som vist i Fig. 144. Et saadant System giver en skarpt begrænset Udstraaing vinkelret paa Antennetraa-

denes Plan, naar blot Strømmene i alle Antennetraade er i Fase med hinanden. Dette kan opnaas ved at koble Generatoren til Antennerne som antydet i Fig. 145. Iøvrigt er dette Antennesystem ogsaa velegnet til Modtagelse, idet det bedst modtager Bølger, som indkommer vinkelret paa Antennetraadernes Plan, hvorfor Modtagningen kun i ringe Grad vil blive forstyrret af uvedkommende Stationer.

Forskellige Sendere.

Gnistsenderen.

98. Den første Sendertype, der fik praktisk Betydning, var Gnistsenderen, som den blev udformet af *Marconi* i Slutningen af Halvfemserne. Siden den Tid har disse Stationer naturligvis undergaaet en betydelig Udvikling og benyttedes i en Aarrække baade til store Landstationer og til Skibssendere. I det store og hele er de dog nu fortrængt som Landstationer

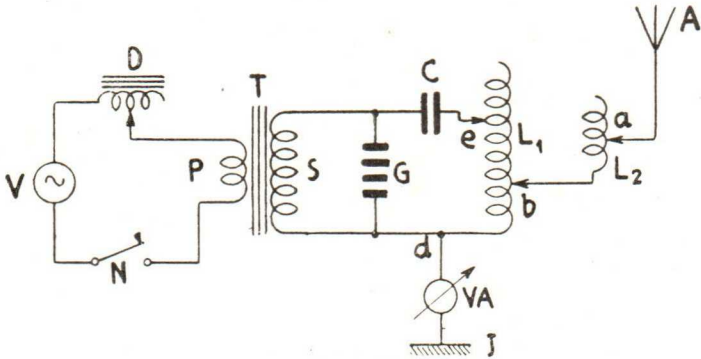


Fig. 146.

af andre Sendertyper, men de har stadig en meget stor Udbredelse som Skibsstationer, idet deres simple og robuste Konstruktion gør dem velegnet paa Steder, hvor der ikke altid staar dygtige Reparatører og Værksteder til Raadighed.

Princippet for en almindelig Gnistsender er vist i Fig. 146.

Her er V en Vekselstrømsgenerator med et passende højt Periodetal (f. Eks. 500), og som, naar Nøglen N trykkes ned, sender Strøm gennem Drosselspolen D og Transformatoren T 's Primærvikling P . I Sekundærviklingen S opstaar da en meget høj Vekselspænding, som sender Gnister over i det flerdelte Gnistrum G , der iøvrigt er forbundet til Kondensatoren C og Spolen L_1 . Hver Gang nu en Gnist danner en ledende Strømvej over Gnistbanen, faar man dannet en lukket Svingningskreds af C og L_1 , og saa længe Gnisten ikke er slukket, har man da i denne Kreds en dæmpet Svingningsrække. Disse Svingninger bidrager til at vedligeholde Gnisten, som først slukkes, naar Svingningerne er aftaget betydeligt i Styrke. Selve Svingningstoget i Frembringelseskredsen $L_1 C$ varer maaske kun en Tusindedel eller en Titusindedel Sekund, men da Gnisterne maaske følger efter hinanden i et Antal af flere Hundrede i Sekundet, vil der dog i hvert Sekund kunne frembringes en betydelig Svingningsenergi. Ved at tilslutte Kontakten e paa forskellige Vindinger af Spolen L_1 kan man variere Senderens Bølgelængde.

Antennekredsen $A - a - L_2 - b - d - VA - I$ har, som man vil se, nogle faa Vindinger af Spolen L_1 fælles med Frembringerkredsen og er saaledes koblet til denne. Koblingsgraden varieres simpelthen ved Flytning af Kontakten b . Afstemningen af Antennekredsen til Resonans med Frembringerkredsen foretages med Kontakten a , indtil Antenneampere-meteret VA viser det størst mulige Udslag.

Drosselspolen D er strengt taget ikke nødvendig, men den tillader, at man kan opnaa særligt høje Spændinger i Transformatoren T 's Sekundærvikling. Paa Grund af den faste Kobling mellem Transformatorens to Viklinger P og S vil Virkningen af Kondensatoren C være omtrent den samme, som hvis en større Kondensator var anbragt i Primærkredsen $V - D - P - N$, og denne Kreds kan derfor med den variable Drosselspole D afstemmes til Resonans med Generatoren V 's Frekvens, hvorved man opnaar, at Vekselstrømmen i denne Kreds

kan arbejde sig op til en betydelig Værdi indtil Gnistoverspringet kommer.

Gnistbanen G er som Regel sammensat af en Del vel afkølede Kobberplader med en Sølvbelægning paa de Steder, hvor Gnistoverspringene kommer.

Poulsenbuen.

99. Allerede omkring 1890 var det eksperimentelt lykkedes *Lecher*, senere *E. Thomsen* og *Tesla* at frembringe Svingninger ved Hjælp af den elektriske Lysbue. Mere bekendt er imidlertid *Duddels* Forsøg omkring Aar 1900 med *den tonende Lysbue*, hvormed det lykkedes at frembringe Svingninger med et Periodetal op til 10 000.

Hvorledes det er muligt at frembringe kontinuerlige Svingninger ved Hjælp af Lysbuen, forstaas let ud fra Buens Karakteristisk (Fig. 194). Her viser Kurven, hvorledes Strøm og Spænding i en almindelig elektrisk Lysbue afhænger af hin-

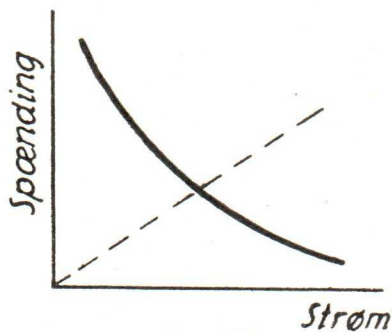


Fig. 147.

anden, medens den rette, punkterede Linie viser Afhængigheden mellem Strøm og Spænding ved en ohmsk Modstand, hvor man ser, at Spændingen vokser proportionalt med Strømmen. I Lysbuen har man derimod en saakaldt negativ Mod-

stand, idet Spændingen mellem Elektroderne bliver mindre og mindre, jo stærkere Strømmen bliver.

Det er denne Egenskab, der kan udnyttes til Svingningsfrembringelse, som vist skematisk i Fig. 148.

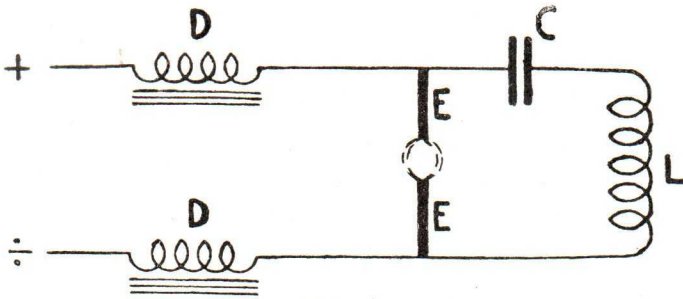


Fig. 148.

Her tændes Lysbuen mellem de to Elektroder E, der forsynes med Jævnstrøm gennem Drosselspolerne D. Til Elektroderne er forbundet Svingningskredsen L—C.

Tænk vi os nu, at Strømmen i Lysbuen et givet Øjeblik er svag, vil Spændingen mellem Elektroderne og dermed paa Kondensatoren C være høj. Begynder nu Lysbuen at tage mere Strøm, vil Spændingen mellem Elektroderne falde, da det tager Tid for Jævnstrømmen at ændre Styrken paa Grund af Drosselspolerne. Naar Spændingen falder kan Kondensatoren imidlertid udlades med en Strøm, der forstærker Lysbuestrømmen, hvorved Elektrodespændingen yderligere falder. Naar Kondensatoren ikke mere kan bidrage til Lysbuestrømmen maa denne aftage, og Spændingen mellem Elektroderne stiger derfor igen og oplader atter Kondensatoren. Da dennes Lade- og Afladestrømme maa passere Spolen L, vil Spolens Selvinduktion give disse Strømme en „levende Kraft“, der bevirker, at Kondensatorens Spændinger kommer til at svinge mellem høje Værdier, og Spillet med Strømændringerne i Lysbuen vil derfor gentages atter og atter. De frembragte Svingningers Frekvens vil være bestemt af C. og L.

100. Som foran nævnt kunde man imidlertid dengang ikke opnaa højere Periodetal, end c. 10 000 med en almindelig Lysbue, og det var først af alle vor berømte Landsmand *Dr. Vald. Poulsen*, der i 1902 opfandt en Buegenerator, hvormed næsten enhver ønskelig Energimængde kunde omsættes til højfrekvente Svingninger med Periodetal helt op til 3 000 000. Det var ogsaa Vald. Poulsen, hvem det med Buegeneratoren først lykkedes at udføre virkelig traadløs Telefoni.

Denne Buegenerator blev hurtigt ved Samarbejdet med Professor P. O. Pedersen udviklet til en saadan Fuldkommenhed, at den en lang Aarrække var næsten eneherkende paa store Radiostationer.

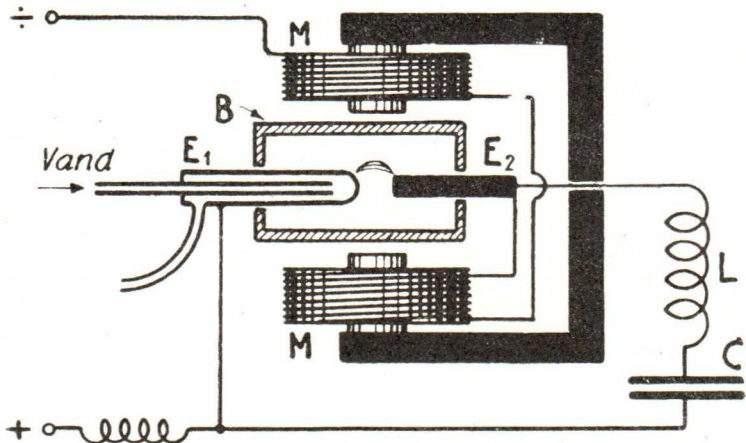


Fig. 149.

Valdemar Poulsens Buegenerator er vist skematisk i Fig. 149. Den positive Elektrode E_1 bestaar af et vandkølet Kobberør, medens den negative Elektrode E_2 er af Kul. Begge Elektroder er indsluttet i en Gas- eller Brintatmosfære i Buekamret B. Selve Lysbuen brænder i et meget kraftigt magnetisk Felt, frembragt af en Magnet med Viklinger M, hvorigennem selve Buestrømmen passerer.

I Virkeligheden er Buegeneratoren naturligvis en Del mere

kompliceret, end vist her. Blandt andet findes paa en saadan Generator en Anordning, der faar Kuleelektroden til at rotere langsomt om sin egen Akse, for at den kan forbrænde ganske ensartet.

Buestationer af Poulsen Systemet er og har været benyttet til en Mængde Stationer, hvoriblandt skal fremhæves den første Station, *Lyngby* og den, først i den nyeste Tid byggede Storstation paa c. 3000 KW. i Bandoeng paa Java.

Højfrekvensmaskiner.

101. Paa større Radiostationer benyttes i flere Tilfælde roterende Højfrekvensmaskiner eventuelt i Forbindelse med Frekvenstransformatorer. Den Tanke, at anvende roterende Maskiner til højfrekvent Strøm ligesom til almindelig teknisk Vekselstrøm synes jo ret nærliggende, og i Tidens Løb har ogsaa mange kendte Videnskabsmænd og Teknikere beskæftiget sig med dette Problem. Blandt dem, der har ydet de første betydelige Bidrag i denne Retning, kan nævnes *Tesla*, *Fessenden*, *Alexanderson*, *Goldschmidt*, *Latour*, *Epstein*, *Joly*, *Valauri*, *Arco* og mange flere.

Ved saadanne Højfrekvensmaskiner har man navnlig to store Vanskeligheder at kæmpe imod. Den første af disse er Jerntabene, der ved de høje Periodetal kan blive meget store. Baade Hvirvelstrøms- og Hysteresetab vokser jo med Frekvensen, og det er derfor nødvendigt til saadanne Maskiner at benytte specielle Jernlegeringer i uhyre tynde Plader.

Den anden store Vanskelighed ligger i Nødvendigheden af at lade Maskinerne rotere meget hastigt, for at opnaa et højt Periodetal. Man har her for de roterende Deles Vedkommende opnaaet Periferihastigheder paa henved 300 m. i Sekundet. Endelig har det ogsaa været nødvendigt at sikre Maskinerne en fuldstændig konstant Hastighed, da Periodetallet ellers vilde ændres saaledes, at man ikke kunde opretholde Resonans med de afstemte Svingsningskredse.

I det følgende skal kort omtales Princippet i nogle enkelte Højfrekvensmaskiner.

Goldschmidts Højfrekvensmaskine.

102. Princippet for denne Maskine er skitseret i Fig. 150. Her er S Stator, der magnetiseres med Jævnstrøm, tilført gen-

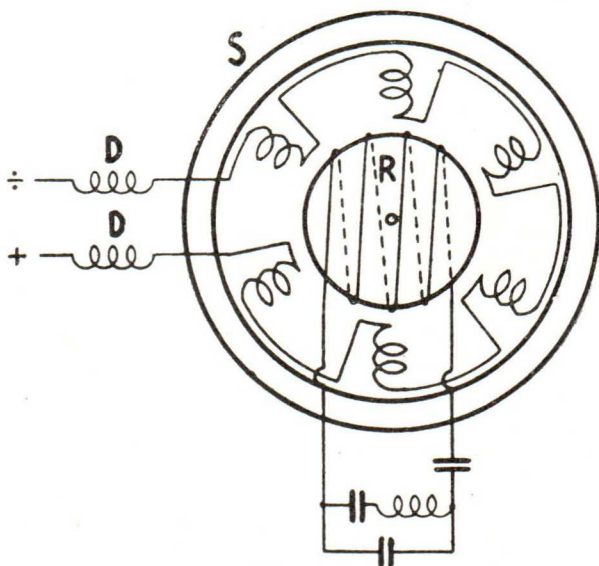


Fig. 150.

nem Drosselspolerne D. I Rotorviklingen R frembringes nu en Vekselstrøm, hvis Periodetal f er afhængig af Maskinens Poltal og Omdrejningstal. Denne Vekselstrøm virker direkte magnetiserende paa Stator, saaledes at der her frembringes et Vekselfelt, som kan tænkes opløst i to, nemlig et der roterer med og et der roterer mod Rotorens Omdrejningsretning. Det ene af disse Felter inducerer nu en ny Vekselstrøm med Periodetallet $2f$ i Rotor o. s. fremdeles. Det gælder blot om, at man ved Belastning af Rotor med Svingningskredse, der er i Reso-

nans med Periodetallene f , $2f$, $3f$ o. s. v. virkelig faar disse Vekselstrømme til at flyde i Rotorviklingen, saa at de kan virke tilbage paa Stator.

Disse Maskiner har et stort Poltal og roterer saa hurtigt, at Grundfrekvensen f f. Eks. bliver 10 000. I Storstationen Eilvise i Hannover anvendes saadanne 4 Maskiner, hver paa 250 K.W. Maskinerne løber 3000 Omdrejninger i Minuttet med en Rotordiameter paa 80 cm og med kun 0,8 mm Luftspalte. Det endelige Periodetal, der bliver benyttet er 40 000.

Højfrekvensmaskine efter Arco.

103. Her benyttes en Vekselstrømmaskine, der direkte giver et højt Periodetal paa f . Eks. 10 000. Dette Periodetal forhøjes ikke i Maskinen, men derimod i et særligt Arrangement af Transformatorer som vist i Fig. 151.

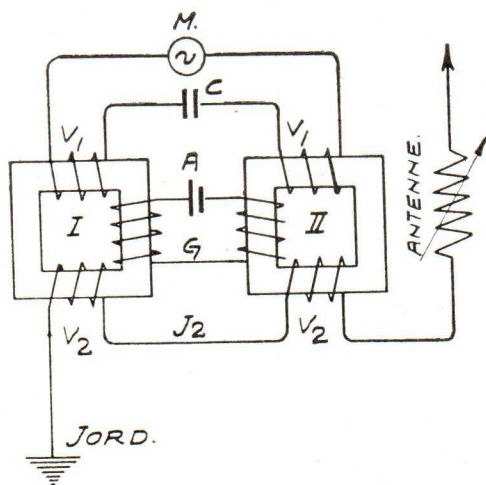


Fig. 151.

M er Generatoren, der sender Vekselstrøm gennem de to Primærviklinger V_1 paa Transformatorerne I og II, og de to Sekundærviklinger V_2 kan f. Eks. som vist være forbundet i Serie med Antennen.

Endvidere forefindes der paa Transformatorerne to Jævnstrømsviklinger, der fødes fra Batteriet G, og som er saaledes

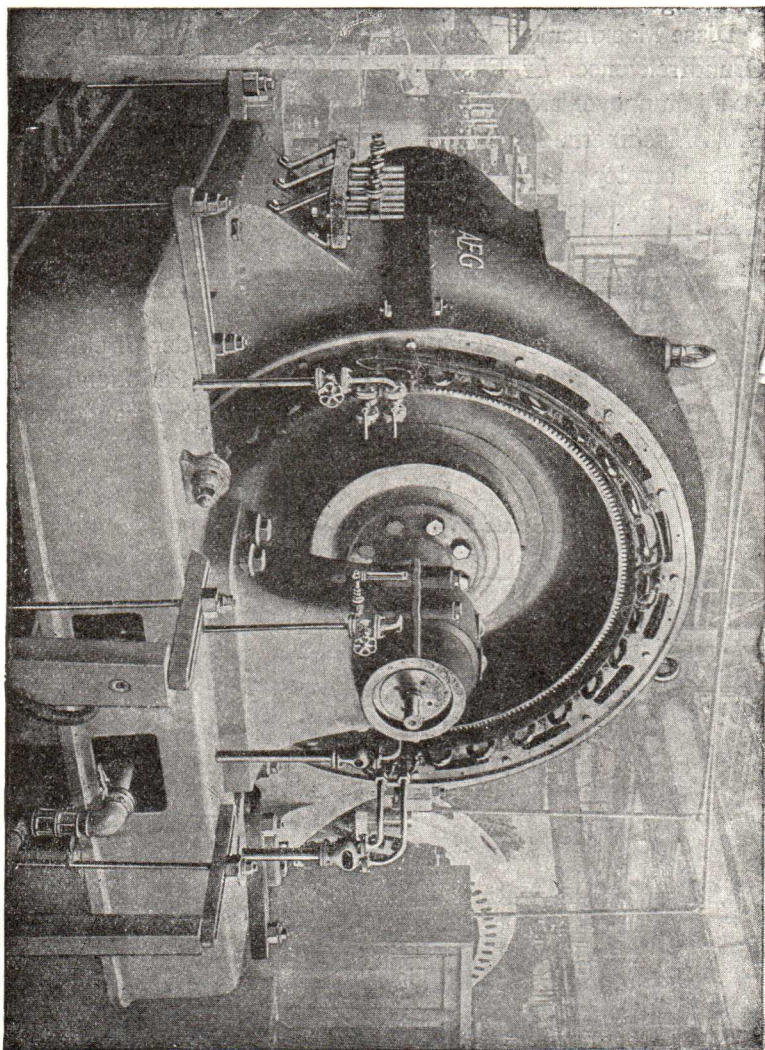


Fig. 152.

indbyrdes forbundet, at Vekselspændingerne i de to Viklinger modvirker hinanden. Man undgaar saaledes, at Viklingerne

gennemløbes af Vekselstrøm. Hvis nu Jævnstrømmen i disse Viklinger er saa kraftig, at Transformatorernes Jernkerner omtrent er mættet med Magnetisme, saa vil Vekselstrømmen i Sekundærviklingen ikke bliver sinusformet, men faar en saa forvandsket Kurveform, at den indeholder kraftige harmoniske Oversvingninger. Hvis man derfor afstemmer Antennekredsen til f. Eks. den 3. harmoniske Oversvingning, saa vil denne blive fremherskende, medens de andre undertrykkes, og Senderen vil da sende med Periodetallet 30 000 eller med Bølgelængden 10 000 m.

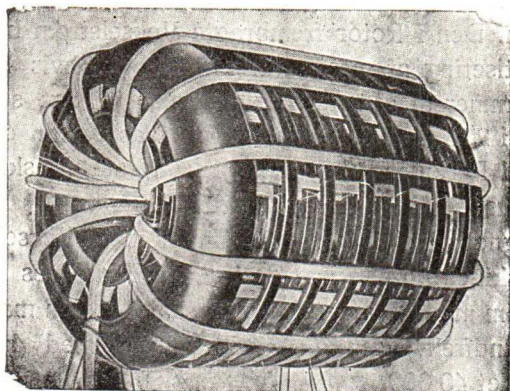


Fig. 153.

I Fig. 152 ses en Højfrekvensgenerator til en „Arco“-Sender og i Fig. 153 er vist de i Fig. 151 skitserede to Transformatorer sammenbygget.

Andre Højfrekvensmaskiner.

104. Blandt de mange øvrige Konstruktioner skal her kort omtales *Schmidt-Maskinen*. Den ligner i Princippet meget Arcos Maskine, men medens Arco nøjes med at benytte den tredje harmoniske af de frembragte Oversvingninger, saa kan man med Schmidt Maskinen med Fordel opnaa langt højere Fre-

kvenser. Her er nemlig Frekvenstransformatorerne indrettet saaledes, at de har en meget lille Jernkerne, der let mættes med Magnetisme. Vælges nu Vekselstrømmen saa kraftig, at Maximalamplituden er langt kraftigere, end den Strøm, der behøves til Jernets Mætning, saa bliver Vekselstrømmens Kurveform saa forvandsket, at man f. Eks. med Lethed kan udskille den 17. harmoniske Oversvingning i passende afstemte Svingningskredse.

Latours Højfrekvensgenerator bestaar af flere direkte koblede Vekselstrømsmaskiner. I den første af disse frembringes Statorfeltet paa sædvanlig Maade ved Magnitisering med Jævnstrøm. Den i Rotor frembragte Vekselstrøm benyttes nu til Magnetisering af næste Maskines Rotor, hvis Magnetfelt derved kommer til at rotere dobbelt saa hurtigt som Maskinerne, og i 2. Maskines Statorvikling faas derfor en Vekselstrøm med Periodetal $2f$, hvis den i første Maskine frembragte Vekselstrøm har Periodetallet f .

Nu magnetiseres 3. Maskines Stator med Vekselstrømmen fra 2. Maskine, og man faar da i denne Maskines Rotor en Vekselstrøm med Periodetal $3f$, og saaledes kan man fortsætte. Er Grundfrekvensen $10\ 000$ faas derfor med 4 Maskiner Periodetallet $40\ 000$.

Maalinger og Beregninger.

Bromaalinger.

105. Til Maaling af ohmsk Modstand, Kapacitet og Selvinduktion benyttes ofte *Wheatstones Bro* eller forskellige andre lignende Broopstillinger.

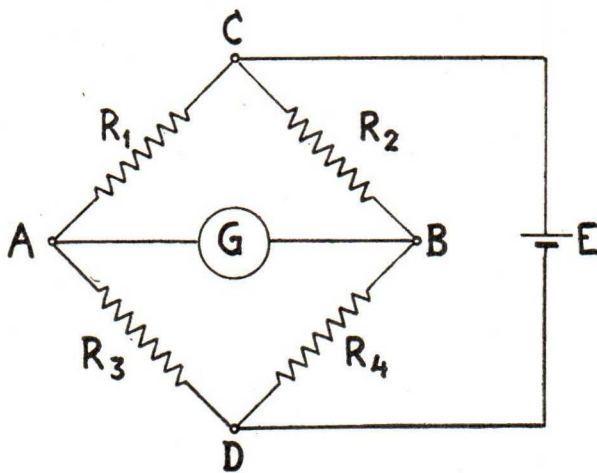


Fig. 154.

Princippet er vist i Fig. 154, hvor E er et Batteri, der sender Strøm gennem de ohmske Modstande R_1 , R_2 , R_3 og R_4 . G er et fintmærkende Galvanometer. Naar Spændingstabene over Modstandene R_1 og R_2 (og over R_3 og R_4) ikke er lige store, vil Spændingsforskellen mellem Punkterne A og B be-

virke, at Galvanometret giver et Udslag. Kan nu en eller to af Modstandene reguleres i Størrelse, kan man opnaa at faa samme Spænding i A og B og Galvanometret gør da intet Udslag.

Betingelsen for, at man faar samme Spænding i A og B er at

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \text{ eller } R_1 = R_2 \cdot \frac{R_3}{R_4}$$

Man kan altsaa finde R_1 , hvis man kender de andre Størrelser, eller hvis man blot kender R_2 og Forholdet $\frac{R_3}{R_4}$

I Praksis udføres derfor Maalingen lettest som vist i Fig. 155,

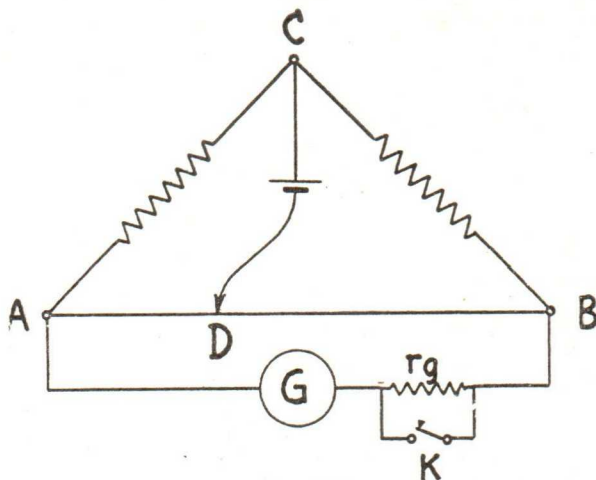


Fig. 155.

hvor f. Eks. A—C kan være den ukendte Modstand R_1 , C—B er da en kendt Modstand R_2 og A—B er en Modstandstraad, udspændt langs en Meterstok. Kontakten D kan nu flyttes hen over Maaletraaden indtil Galvanometret viser Nul.

Man ser nu, at A—D svarer til R_3 i Fig. 154 og DB svarer til R_4 . Modstanden af disse Stykker kender vi ikke, men vi ved, at Modstandene er proportionale med Længderne, hvor-

for man i Stedet for $\frac{R_3}{R_4}$ kan sætte Forholdet mellem Længderne $\frac{AD}{DB}$

Disse Længder findes let, fordi Maaletraaden er udspændt over en Maalestok, og man har nu simpelthen, at den ukendte Modstand R_1 findes af

$$R_1 = R_2 \frac{AD}{DB}$$

I Fig. 155 er r_n en Modstand, der skal beskytte Galvanometret mod for stærke Strømme. Naar man omtrent har fundet den rigtige Indstilling, kan man kortslutte Modstanden med Nøglen K og foretage den endelige Finindstilling.

Det ses umiddelbart af Fig. 154, at Batteri og Galvanometer kan bytte Plads i Opstillingen, idet de begge er forbundet til to modstaaende Hjørner i Modstandsopstillingen.

Man forstaar ligeledes let, at man kan erstatte Galvanometret med en Telefon, naar Batteriet erstattes med en Vekselstrømsgenerator, idet man da skal indstille saaledes, at der ingen Tone høres i Telefonen. Vekselstrømsgeneratoren kan være en Summer med Batteri eller en Lampegenerator for lavfrekvente Strømme.

De foran beskrevne Maalinger er beregnet for rent ohmske Modstande, naar der benyttes Telefon og Summer. Man kan her med god Nøjagtighed maale en Modstand, der er indtil 10 Gange saa lille eller 10 Gange saa stor, som den benyttede Normalmodstand.

Med Vekselstrøm kan paa lignende Maade maales Selvinduktion ved Sammenligning med en Selvinduktionsnormal, idet man da sammenholder de induktive Spændingstab med de ohmske Spændingstab i Maaletraaden.

Denne Maaling er vist i Fig. 156, hvor L_1 er den ukendte Selvinduktion, medens L_2 er Selvinduktionsnormalen. G er Vekselstrømsgeneratoren og T Telefonen.

Man vil her hurtigt opdage, at det ikke er let at finde en

Stilling af Kontakten D, som giver Tavshed i Telefonen. Ganske vist er det en Betingelse for Tavshed, at man har

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{l}{L-l}$$

men dette er ikke nok, thi Spolernes ohmske Modstand spiller ogsaa ind. Kaldes Modstanden i L_1 for R_1 og i L_2 for R_2 , skal man for at faa Tavshed yderligere have

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{l}{L-l}$$

ganske som ved Maaling af rent ohmsk Modstand.

Da denne sidste Betingelse naturligvis kun yderst sjældent vil være opfyldt, maa man tilføje den i Fig. 156 viste variabel-

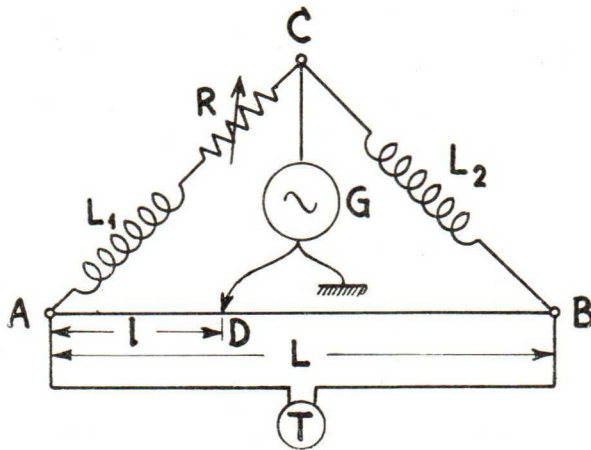


Fig. 156.

le, induktionsfrie Modstand R, der maa indsættes i Serie med den Selvinduktion, der har forholdsvis for lille en Modstand. (Dette kan godt være den største Selvinduktion).

Ved Variation af den indskudte Modstand og stadig Flyt-

ning af Kontakten D vil det nu kunne lykkes at faa Tavshed i Telefonen, idet R da er indstillet saaledes, at

$$\frac{R_1 + R}{R_2} = \frac{1}{L \div 1}$$

og man kan nu ud fra den endelige Indstilling finde den søgte Selvinduktion af

$$L_1 = L_2 \frac{1}{L \div 1}$$

Kapaciteter kan maales paa ganske tilsvarende Maade som vist i Fig. 157. Man finder her ved Tavshed i Telefonen

$$C_1 = C_2 \frac{L \div 1}{1}$$

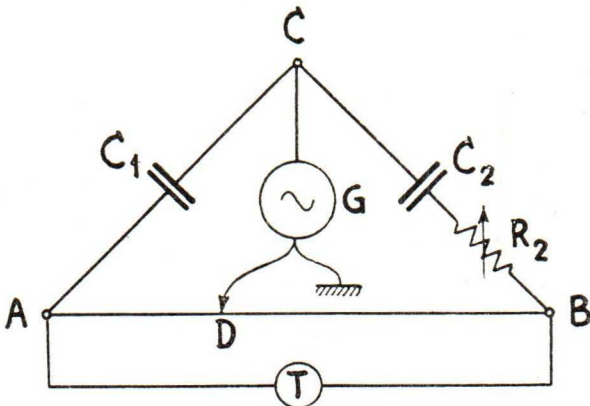


Fig. 157.

idet man erindrer, at jo større Kapaciteten er, desto mindre er dens Modstand mod Vekselstrømmen. Den viste Modstand R_2 vil i de fleste i Praxis forekomme Maalinger være unødvendig, da de capacitive Modstande er meget store i Forhold til de ohmske. De i Fig. 156 og 157 viste Jordforbindelser sik-

rer mod forkert Indstilling paa Grund af falske kapacitive Strømme.

Til hurtige, praktiske Kapacitetsmaalinger har man indrettet Maalebroer som skitseret i Fig. 158.

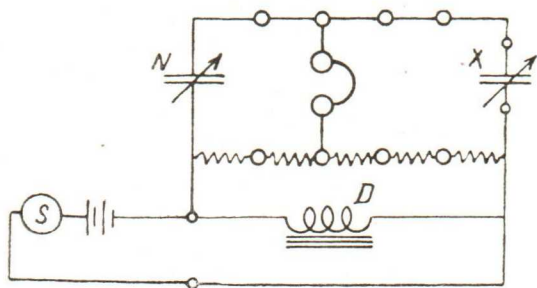


Fig. 158.

Som Normalkondensator benyttes her en justeret variabel Kondensator N , medens X er den Kapacitet, der skal maales. Maaletraaden er erstattet af en Række faste serieforbundne Modstande og Telefonen kan da tilsluttes til flere forskellige Punkter, der deler Modstandene i bestemte simple Forhold. Til hver Tilslutning af Telefonen hører en Kurve, der angiver X 's Kapacitet som Funktion af Indstillingen paa N .

Er N en Kondensator, hvis Kapacitet kan varieres mellem 20 og 500 cm, kan man f. Eks. med 4 forskellige Tilslutninger af Telefonen maale Kapaciteter af Størrelser mellem 20 cm og 500 000 cm.

Da de serieforbundne Modstande skal have en ret høj Modstand, for at man kan faa skarpe Indstillinger paa N , kan Summerne S ikke faa tilstrækkelig Strøm gennem disse Modstande, og man shunter dem derfor med Drosselspolen D , der har en høj induktiv — men en lav ohmsk Modstand.

Om Bølgemaaling.

106. Det er tidligere i Afsnittet Bølgemaaling (16) beskrevet, hvorledes man benytter en Bølgemaaler til Afstem-

ning af Sender eller Modtager. Ogsaa til Maaling af meget korte Bølgelængder gør de samme Principper sig gældende, dog er Bølgemaaleren i dette Tilfælde ofte kun indrettet til Modtagning (altsaa til Afstemning af en Sender), hvorfor man ved Afstemning af en Modtager maa benytte en lille Hjælpesender, som først afstemmes med Bølgemaaleren, hvorefter Modtageren afstemmes efter Senderen.

En Bølgemaaler for meget korte Bølger er vist skematisk i Fig. 159. Den variable Kondensator C har store Luftrum

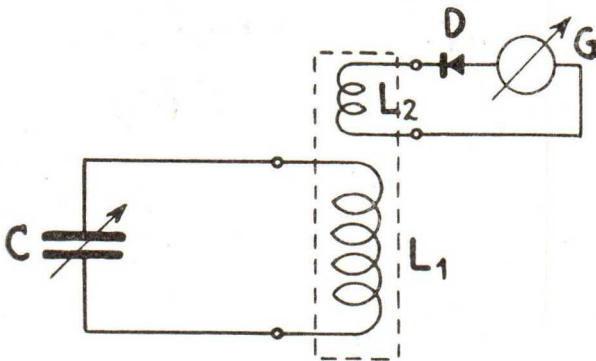


Fig. 159.

mellem Pladerne og kun en lille Kapacitet (c. 100 cm). Spolen L_1 er af tykke Vindinger af blank Kobbertraad og er i fast mekanisk Forbindelse med den lille Koblingsspole L_2 , der har Forbindelse til Galvanometer G og Detektor D . Begge Spoler udskiftes altsaa samtidigt. Kondensator og Spoler er indelukket i en Kasse, som indvendig er beklædt med tæt-siddende Metalstrimler, hvorved der opnaas en god Skærmning mod elektrostatisk Paavirkninger. Bølgemaaleren med 3 Spoler ses i Fig. 160.

En lille Hjælpesender for korte Bølger til Brug sammen med denne Bølgemaaler er vist skematisk i Fig. 161 og dens Udseende i Fig. 162.

Det er en Balancesender, hvortil der benyttes almindelige Modtagerlamper. De tre Drosselspoler D tjener kun til at holde Svingningerne borte fra Batteritilledningerne. L er den udskiftelige Frembringerspole, og Gitterafledningerne r er hver paa c. 1000 Ohm. De smaa Drosselspoler d er ret nød-

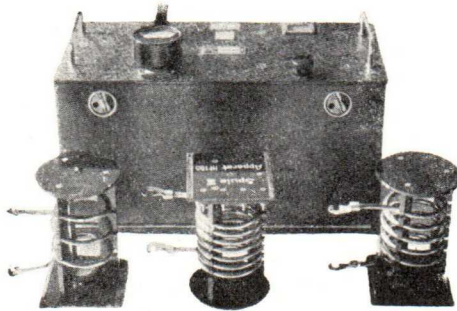


Fig. 160.

vendige for at ikke de højfrekvente Gitterspændinger skal afledes gennem r . De kan fremstilles som ganske smaa Etlags-

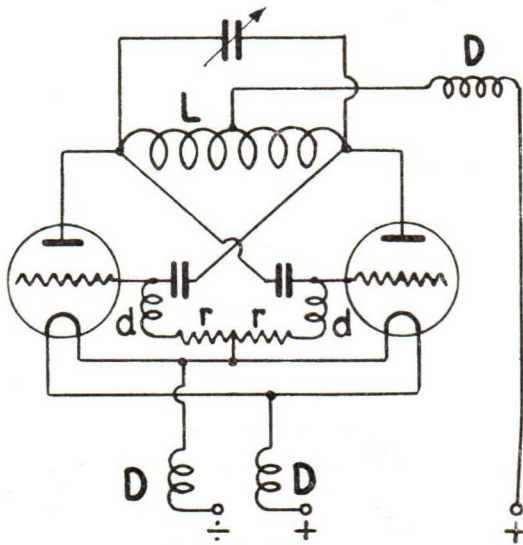


Fig. 161.

spoler c. 15 mm i Diameter og med ca. 100 tætliggende Vindinger af 0,1 mm Traad.

En meget let Bølgemaaling for korte Bølger kan foretages med to blanke Metaltraade, der holdes stramt udspændt, pa-

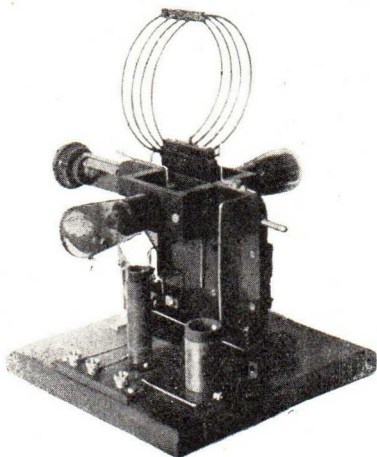


Fig. 162.

rallelt i c. 5 cm. Afstand fra hinanden. Traadene maa være isolerede i begge Ender, og deres Længde bør være en Del større, end Bølgelængden. I den ene Ende kan Traadene være forbundet ved en Metaltraadssløjfe, som man kan koble til Senderen, som vist i Fig. 163.

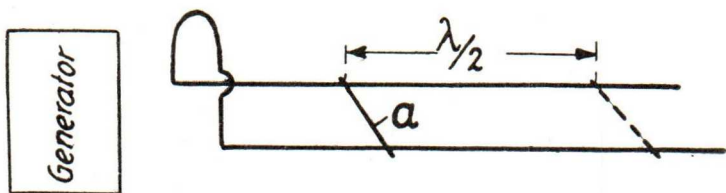


Fig. 163.

Er Senderen en lille Lampegenerator, forsynes den med Anodeamperemeter.

Man lægger nu en lille Metaltraadsbro (a) tværs over de

lange Traade og forskyder Broen langsomt hen over Traadene med en lang Ebonitstang eller lignende. Man vil da lægge Mærke til et pludseligt Fald i Senderens Anodestrøm, naar Broen passerer bestemte Punkter, og mellem saadanne to paa hinanden følgende Punkter har man da en halv Bølgelængde. Disse Punkter kan bestemmes meget skarpt ved en passende løs Tilkobling af Senderen.

Er Generatoren en Gnistsender, kan i Broen (a) indskydes et Neonrør eller en Lommelampepære, og man har da en halv Bølgelængde mellem to Punkter, hvor denne lyser kraftigst op.

107. Bølgemaalinger er meget anvendelige til Bestemmelse af Kapacitet eller Selvinduktion. Danner man saaledes en Svingningskreds af en Kapacitet og en Selvinduktion, hvoraf den ene er kendt, saa kan man paa sædvanlig Maade bestemme Kredsens Egenbølgelængde med en Bølgemaalere. Af Bølgelængdeformlen

$$\lambda_{cm} = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L_{cm} \cdot C_{cm}}$$

kan man da let bestemme L eller C, naar de andre Størrelser er kendt. Kun maa man huske paa, at Spolen jo altid selv har nogen Kapacitet mellem de enkelte Vindinger, og da denne Kapacitet jo ikke er let at tage med i Beregningen kan Resultatet ikke blive helt nøjagtigt.

Audionvoltmeteret.

108. Til Højfrekvensmaalinger har man ofte Brug for et Voltmeter, der ikke tager Strøm; med andre Ord et Instrument, der kan tilsluttes Svingningskredse o. l. uden at man derved indfører nogen Belastning af Kredsen. Hertil benyttes Audionvoltmeteret, hvoraf en Udførelsesform er vist i Fig. 164.

Den Spændingskilde, der skal maales tilsluttes ved Klem-

merne a og b, og det er en Forudsætning, at der i Spændingskilden findes en ledende Strømvej mellem a og b.

Man kan nu ved Hjælp af Batteriet B og Potentiometeret P give Lampen forskellige negative Gitterspændinger, der kan aflæses paa Voltmeteret V.

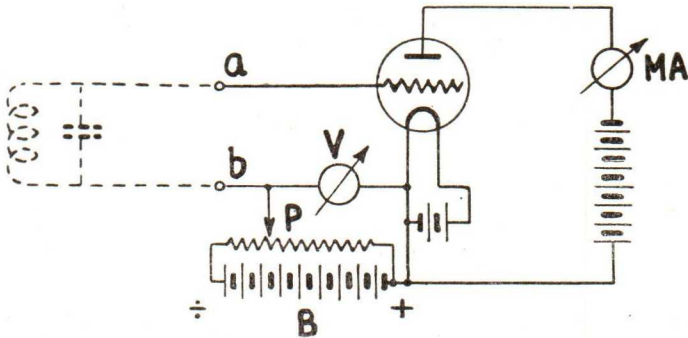


Fig. 164.

Før Spændingskilden tilsluttes, kortsletter man Klemmerne a og b og indstiller Gitterspændingen til en Værdi e_1 , der giver en bestemt meget *lav* Anodestrøm i , der kan aflæses paa Milliamperemeteret MA. Nu fjernes Kortslutningen og Spændingskilden tilsluttes, og man finder da, at Anodestrømmen stiger. Man efterregulerer da paa Potentiometeret indtil man har den samme Anodestrøm som før og man aflæser nu Spændingen e_2 paa Voltmeteret. Spændingskildens Maksimalspænding er da $e_2 \div e_1$.

Forudsætningen for rigtig Maaling er den, at man har indstillet til saa lav en Anodestrøm (omtrent Nul), at Lampen virker sikkert som Detektor. Man kunde saaledes have indstillet Potentiometeret, saa Anodestrømmen lige akkurat blev 0, og Maaleprincippet forstaaes da let. Nøjagtigheden bliver dog større, naar Anodestrømmen indstilles til en lav Værdi i Nærheden af Nul. Under hele Maalingen maa man naturligvis sørge for, at Glødestrøm og Anodespænding er konstant.

En anden Udførelsesform for Audionvoltmeteret er vist i

Fig. 165. Ogsaa her tilsluttes Spændingskilden i a og b, medens Gitteret faar sin negative Spænding gennem Modstan-

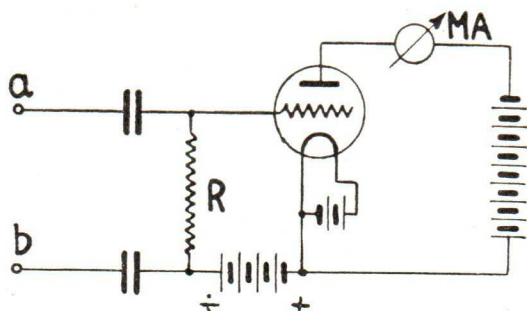


Fig. 165.

den R. Anodestrømmen, der aflæses paa MA, er afhængig af den tilsluttede Spænding. Dette Apparat maa før Brugen justeres med kendte Vekselspændinger.

Maaling af Forstærkning.

109. For en objektiv Bedømmelse af Lavfrekvenstransformatorer er Forstærkningsmaalingen af den største Vigtighed.

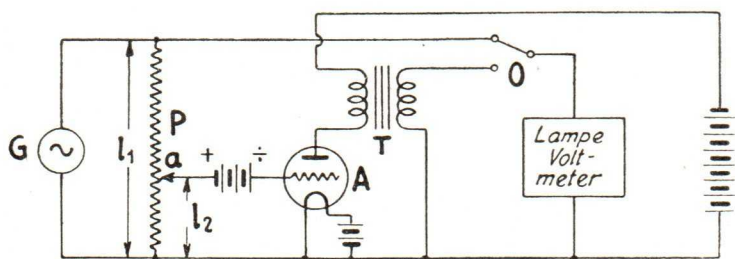


Fig. 166.

Den hyppigst forekommende Opgave er her (se Fig. 166) at bestemme den Forstærkning af Vekselspændinger, som

man opnaar for forskellige Frekvenser ved Benyttelse af en Lavfrekvenstransformator T i Forbindelse med en passende Forstærkerlampe A.

Der kræves hertil en Lavfrekvensgenerator G, der kan give rene, sinusformede Spændinger med Frekvenser lige fra c. 100 og til 7000. Denne Generator leverer Strøm til et Potentiometer P med en Kontaktarm a , som over et Gitterbatteri har Forbindelse til Audionlampens Gitter. Potentiometeret bør være saaledes indrettet, at man direkte af Kontaktarmens Stilling kan udregne Spændingen over l_2 , naar man kender Spændingen over l_1 .

Audionvoltmetret er ved en Omskifter O knyttet saaledes til Opstillingen, at man med O i den viste Stilling direkte maa-ler Generatorspændingen E_1 , medens man med O i nederste Stilling maa-ler Spændingen E_2 over Transformatorens Sekundærklemmer.

For at undgaa Ulejligheden med Justering af Audionvoltmeteret, indstiller man nu a paa Potentiometeret saaledes, at man faar $E_1 = E_2$, altsaa saaledes, at man ved begge Stillinger af Omskifteren faar samme Udslag paa Voltmeteret. Det indses da let, at Spændingen over l_2 er bleven forstærket saa meget gennem Lampe og Transformator, at den netop er lig med Spændingen over l_1 og altsaa lig med Generatorspændingen E_1 .

Da Spændingen over l_2 er $E_1 \cdot \frac{l_2}{l_1}$ saa bliver den maale-

$$\text{Forstærkning altsaa } \frac{E_1}{E_1 \cdot \frac{l_2}{l_1}} = \frac{l_1}{l_2}$$

Da mange Transformatorer giver en meget forskellig Forstærkning alt efter Maalestrømmens Frekvens, kan man let indse, at Vekselstrømsgeneratoren skal arbejde helt uden Oversvingninger, naar man skal stole paa Resultatet. Man benytter derfor som Regel til denne Maaling en Lavfrekvens-Lampegenerator med meget store Spoler uden Jernkerne. Ge-

neratorens Frekvens kan f. Eks. bestemmes ved et Sæt afstemte Stemmeafler.

Maaling af Højfrekvensmodstand.

110. Som tidligere omtalt kan det være af Vigtighed at kende Højfrekvensmodstanden i en Selvinduktionsspole, idet denne Modstand er et Maal for Godheden af den Svingningskreds, Selvinduktionen skal indgaa i.

Disse Maalinger kan udføres paa flere forskellige Maader, hvoraf vi i det følgende skal forklare en af de simpleste.

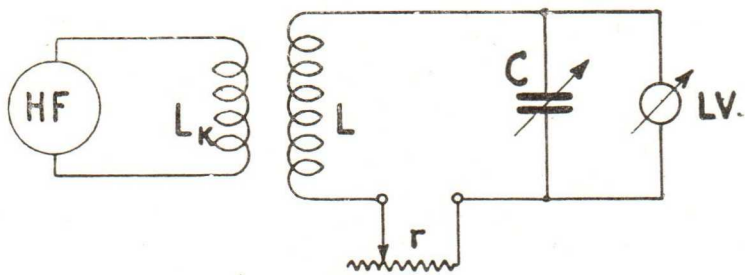


Fig. 167.

Fig. 167 viser denne Maaleopstilling. $L-C$ er Svingningskredsen, hvis Modstand kan varieres med den rent ohmske Modstand r . L er Spolen, der skal undersøges. $H.F.$ er en Højfrekvensgenerator (helst skærmet i Metalkasse) med en Koblingsspole L_k , der kobles passende til Spolen L . Et Audionvoltmeter $L.V.$ maaler Spændingen over Kondensatoren.

Maalingen foretages paa følgende Maade: Modstanden r sættes paa Nulværdien, og ved en passende, meget løs Kobling mellem L_k og L , indstilles C_1 til Resonans er opnaaet (størst mulige Udslag paa Voltmeteret). Spændingen E aflæses derefter paa Voltmeteret.

Uden iøvrigt at ændre det mindste paa Opstillingen indskydes saa meget af Modstanden r , at Spændingen falder til $\frac{E}{2}$, og Spolens Højfrekvensmodstand er da lig med den indskudte Modstand.

Modstanden r maa bestaa af tynd Modstandstraad, som er viklet og anbragt kapacitets- og induktionsfrit. Er en saadan Traad tyndere end 0,8 mm kan man med ret stor Nøjagtighed sætte dens Højfrekvensmodstand lig med dens Jævnstrømsmodstand.

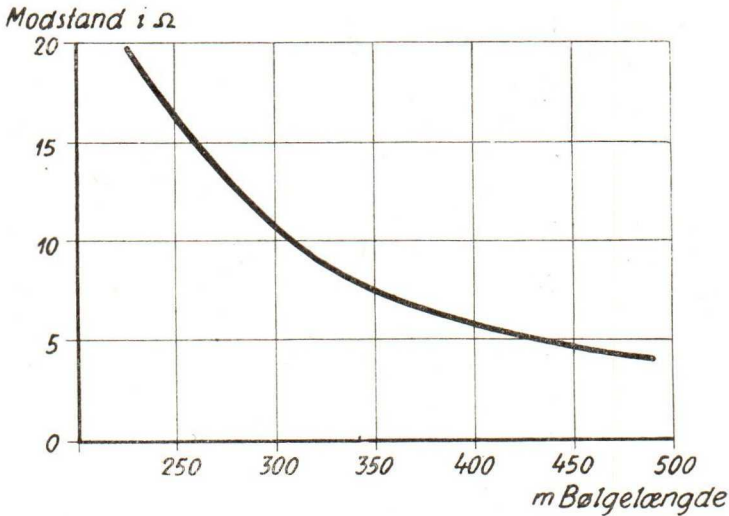


Fig. 168.

Højfrekvensmodstanden i Spoler varierer stærkt med Frekvensen. I Fig. 168 er vist Højfrekvensmodstanden i en 50 Vindings Honeycombspole maalt ved forskellige Bølgelængder.

Antennemaalinger.

111. Nøjagtige Antennemaalinger er ret vanskelige at udføre, og der skal derfor her kun anføres nogle enkelte praktiske Maalinger.

Den simpleste af disse er Maaling af Antennens Egenbølgelængde. Mellem Antenne og Jord indskydes en Spole paa en enkelt eller nogle faa Vindinger og med saa lille Selvinduktion, at den ikke influerer kendeligt paa Antennens Egenbølgelængde. I Serie med Spolen anbringes et lille Gnistrum med Til-

ledninger fra et Induktionsapparat (Gnistrulle), som frembringer hurtigt efter hinanden følgende Gnister. En Bølge-maalder med Termoinstrument eller en lignende Indikator kobles til Antennespolen og Bølgelængden af de frembragte Svingninger findes.

Man kan ogsaa frembringe svage Svingninger i Antennen med en Summer og finde Bølgelængden paa en Bølgemaaler med Detektor og Telefon. I Antennen maa da indskydes en Spole, hvorigennem Summeren skal arbejde og for ikke at indføre Fejl med denne Spoles Selvinduktion, kan man gaa saaledes frem:

Man skaffer sig to nøjagtig ens Spoler (hver paa f. Eks. 20 Vindinger) og maaler først Antennens Bølgelængde, idet den ene Spole er indskudt som Koblingsspole i Antennen. Lad den fundne Bølgelængde være λ_1 .

Derefter indskydes begge Spoler i Serie i Antennen, idet de anbringes induktionsfrit i Forhold til hinanden, og man finder nu Bølgelængden λ_2 .

Man har da med god Tilnærmelse

$$\lambda_1 = 2 \pi \sqrt{(L + 1) \cdot C} \text{ og } \lambda_2 = 2 \pi \cdot \sqrt{(L + 2l) \cdot C}$$

naar L er Antennens Selvinduktion og l er en Spoles Selvinduktion. Spolerne maa være meget kapacitetsfrit viklede og udført f. Eks. som Etlagsspoler med en lille Afstand mellem de enkelte Vindinger.

I foranstaaende Udtryk kender man nu λ_1 og λ_2 , som er maalt, medens man hverken kender L, l eller C. Disse Størrelser kan naturligvis ikke direkte bestemmes af kun 2 Ligninger, men vi har i første Omgang heller ikke Brug for at kende disse Værdier, men derimod $\lambda = 2 \pi \sqrt{L \cdot C}$, som er Antennens Egenbølgelængde.

Af Udtrykkene for λ_1 og λ_2 findes let

$$\lambda_1^2 = 4 \cdot \pi^2 \cdot C (L + 1)$$

$$\text{og videre } 2 \cdot \lambda_1^2 = 4 \cdot \pi^2 \cdot C (2L + 2l)$$

$$\lambda_2^2 = 4 \cdot \pi^2 \cdot C (L + 2 l)$$

og ved Subtraktion af sidste fra næstsidste Ligning faas da

$$2 \lambda_1^2 \div \lambda_2^2 = 4 \cdot \pi^2 \cdot C \cdot L, \text{ hvoraf}$$

$$\sqrt{2 \lambda_1^2 \div \lambda_2^2} = 2 \pi \sqrt{L C}$$

Dette sidste Udtryk er jo netop Antennens Egenbølgelængde λ , saa naar man har maalt de to Bølgelængder λ_1 og λ_2 kan man let udregne

$$\lambda = \sqrt{2 \cdot \lambda_1^2 \div \lambda_2^2}$$

Da Strøm- og Spændingsfordelingen i en Antenne som nævnt er en anden ved Maaling med højsfrekvente; end ved Maaling med lavfrekvente Strømme, er den første af disse Maalinger naturligvis den vigtigste, naar man vil finde de Antennekonstanter, der skal regnes med i Praksis. For med god Tilnærmelse at finde den „højsfrekvente“ Kapacitet og Selvinduktion, kan man gaa saaledes frem:

Først findes med Bølgemaaler Antennens Egenbølgelængde λ_1 . Dernæst indskydes i Antennen en Spole med kendt Selvinduktion L_0 og Egenbølgelængden, der findes igen kaldes λ_2 . Kaldes nu Antennens Selvinduktion for L og dens Kapacitet for C (alt maalt i cm.), saa har man

$$\lambda_1 = 2 \pi \cdot \sqrt{L \cdot C} \text{ og}$$

$$\lambda_2 = 2 \pi \sqrt{(L + L_0) \cdot C}$$

Heraf findes da

$$L = \frac{L_0}{\left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1}\right)^2 \div 1}$$

og af den første Formel findes da let C.

Det er en Forudsætning ved denne Maaling, at den benyttede Spole er viklet med den mindst mulige Egenkapacitet. Resultatet af Maalingen maa kun betragtes som en antagelig Tilnærmelse.

Den samlede Modstand i Antennen kan findes paa ganske lignende Maade som man finder Højfrekvensmodstanden i en Spole.

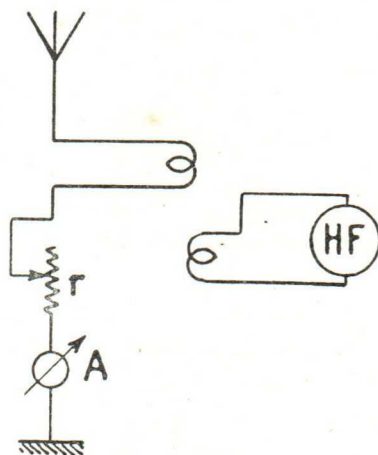


Fig. 169.

I Fig. 169 ses Højfrekvensgeneratoren HF., der er afstemt til Resonans med Antennen og løst tilkoblet. Antennestrømmen aflæses paa Varmetraadsamperemeteret A; først uden Modstanden r og derefter med saa meget af denne Modstand indskudt, at Antennestrømmen falder til den halve Værdi. Antennemodstanden er da lig med den indskudte Modstand.

Er Antennestrømmen uden Tillægsmodstand i Antennen I_1 og med en Modstand r i Antennen I_2 saa er Antennemodstanden

$$R = \frac{I_2}{I_1 - I_2} \cdot r$$

Det er her vigtigt at Højfrekvensgeneratoren er saa kraftig

og saa løst koblet til Antennen, at dens Svingningstilstand ikke ændres kendeligt af Antennestrømmen ved Tilbagevirkning til Generatoren. Desuden skal Maalingen foretages med kontinuerlige Svingninger for at være rigtig. I Praksis kan man derfor til disse Maalinger benytte en lille Lampegenerator (f. Eks. paa 5—10 Watt.). Til Maaling af Antennestrømmen kan bruges et fintmærkende Termoinstrument.

Den Modstand, der saaledes findes ved Maaling, er den samlede Antennemodstand, og Antenneenergien er derfor $R \cdot I^2$

Som bekendt bliver en Del af denne Energi udstralet, medens en anden Del gaar tabt som Varme, og man maa derfor opfatte den saaledes fundne Modstand som bestaaende dels af den virkelige Tabsmodstand R_t og dels af en fiktiv Modstand R_u kaldet Udstraalingsmodstanden. Man ser altsaa, at der for den samlede Antennemodstand R kan skrives

$$R = R_t + R_u .$$

Antenneenergien W bliver derfor maalt i Watt

$$W = (R_t + R_u) I^2 = R_t \cdot I^2 + R_u \cdot I^2 .$$

Her er Størrelsen $R_t \cdot I^2$ den Energi, der tabes ved ohmske Modstande o. l. i Antennen, medens $R_u \cdot I^2$ er den Energi-mængde, der virkelig nyttiggøres ved Udstraalning.

Ved den foran omtalte Maaling er det imidlertid den samlede Antennemodstand R , der findes, og for at adskille denne Størrelse i Tabsmodstand og Udstraalingsmodstand, maa den sidste beregnes som allerede omtalt i Afsnittet om Antenner.

I Formlen for Udstraalingsmodstanden

$$R_u = 160 \cdot \pi^2 \frac{h^2}{\lambda^2}$$

er h Antennens virksomme Højde, der findes opgivet i Punkt 92 for forskellige Antenneformer.

Beregning af Kapacitet.

112. Kapaciteten af en Kondensator, der bestaar af 2 parallelle Metalplader i kort Afstand fra hinanden og med Luft mellem Pladerne er som tidligere omtalt.

$$C = \frac{A}{4 \cdot \pi \cdot d}$$

hvor A er Pladernes Areal maalt i cm^2 og d Afstanden mellem Pladerne i cm.

Er Pladerne adskilt med et isolerende Materiale med Dielektricitetskonstanten k, har man

$$C = \frac{A \cdot k}{4 \cdot \pi \cdot d}$$

Bestaar Kondensatoren af n Metalplader, har man altsaa $n-1$ Mellemrum, og man faar da:

$$C = \frac{A \cdot k \cdot (n - 1)}{4 \cdot \pi \cdot d}$$

De saaledes fundne Værdier af Kapaciteten er ikke helt rigtige, idet de elektrostatiske Kraftlinier ved Pladernes Kanter vil forløbe i Buer ud i Luften saaledes, at der maa regnes med flere Kraftlinier, end Formlerne forudsætter. Derfor faar man lille Forøgelse af den udregnede Kapacitet.

Denne Forøgelse er størst ved stor Afstand mellem Kondensatorpladerne og andrager f. Eks. ved variable Modtagerkondensatorer fra 4 til 8 pCt. af den beregnede Kapacitet, medens den for Blokkondensatorer o. l. med meget smaa Mellemrum mellem Pladerne kun udgør fra 1—4 pCt.

113. En enkelt, vandret Antennetraads Kapacitet til Jord kan beregnes af

$$C = 1 : (4.144 \times 10^6 \times \log_{10} \frac{4h}{d}) \text{ Mfd.}$$

Her er

l = Traadens Længde i cm.

d = Traadens Diameter i cm.

h = Traadens Højde over Jorden i cm.

Beregningen af en flertraadet Antennes Kapacitet er mere kompliceret, idet man ikke kan addere de enkelte Traades Kapacitet, beregnet efter ovenstaaende Formel, for at finde den samlede Kapacitet.

Beregning af Selvinduktion.

114. Selvinduktionen for en Etlagsspole kan med ret stor Nøjagtighed findes af Formlen:

$$L_{\text{cm}} = 9,87 \cdot d^2 \cdot n^2 \cdot l \cdot K \text{ cm.}$$

Her er

d Spolens Diameter i cm.

l Spolens Længde i cm.

n Antal Vindinger pr. cm.

K er en Faktor, der afhænger af Forholdet $\frac{d}{l}$ og som kan findes af hosstaaende Tabel (1):

$\frac{d}{l}$	K	$\frac{d}{l}$	K	$\frac{d}{l}$	K	$\frac{d}{l}$	K
0	...1	1,1	...0,667	2,2	...0,502	9,0	...0,218
0,1	...0,959	1,2	...0,647	2,4	...0,482	10,0	...0,203
0,2	...0,920	1,3	...0,629	2,6	...0,463	15	...0,153
0,3	...0,884	1,4	...0,611	2,8	...0,445	20	...0,124
0,4	...0,850	1,5	...0,595	3,0	...0,429	30	...0,091
0,5	...0,818	1,6	...0,579	3,5	...0,394	40	...0,073
0,6	...0,788	1,7	...0,565	4,0	...0,365	50	...0,061
0,7	...0,761	1,8	...0,551	4,5	...0,341	60	...0,053
0,8	...0,735	1,9	...0,538	5,0	...0,320	70	...0,047
0,9	...0,711	2,0	...0,525	6,0	...0,285	80	...0,042
1,0	...0,688			7,0	...0,258	90	...0,038
				8,0	...0,237	100	...0,035

Ved Interpolation kan de mellemliggende Værdier af K findes. Seks- og ottekantede Spoler kan ogsaa med god Tilnær-

melse beregnes efter foranstaaende Formel, idet man skønner en Middeldiameter for Spolen.

Beregningen af Flerlagsspøler er ret kompliceret og skal derfor ikke medtages her. Som en Rettesnor er i Tabel (2) angivet Selvinduktionen for Honeycombspøler. De anførte Værdier er ikke i alle Tilfælde nøjagtige, idet Selvinduktionen i Spøler med samme Vindingstal, men af forskelligt Fabrikat kan variere noget.

Antal Vindinger	Traad-diameter i mm. af enkelt bomuldss. Traad	Selv-induktion i Millih.	Omtrentlig ohmsk Modstand	Spølens ydre Diameter i cm.	Den med en Kondensator paa 900 cm. opnaaede Bølgetængde	Traad-længde i m.
25	} 0,56	0,052	0,5	5,5	180—430	4
35		0,088	0,75	5,6	200—560	6
50		0,106	1,25	5,7	250—613	9
75		0,293	1,50	5,9	400—1020	14
100		0,543	1,75	6,2	500—1310	20
150	} 0,5	1,140	2,5	6,6	700—2010	30
200		2,190	4,25	6,9	1000—2790	42
250		3,675	5,5	7,2	1300—3610	50
300		5,170	6,0	7,6	1760—4260	63
400		8,750	9,0	8,0	2000—5575	84
500	} 0,36	14,350	11,0	9,2	2500—7150	115
600		19,660	12,5	7,8	3200—8350	112
750		31,700	20,5	8,2	4000—10600	160
1000		59,260	36,0	9,3	6000—14500	225
1250		97,150	51,0	10,3	8000—18500	280
1500		145,000	92,0	11,5	9000—22700	370

Beregning af Modstand.

115. I efterfølgende Tabel (3) er angivet Modstanden m i 1 m. lange Traade med en Diameter paa 1 mm.

Aluminium	$m = c. 0,04$	Ohm
Bly	$m = c. 0,239$	"
Jern	$m = c. 0,12—0,16$	"
Kobber	$m = c. 0,0223$	"
Kromnikkel	$m = c. 1,15$	"
Manganin—Nikkelin	$m = c. 0,535$	"
Messing	$m = c. 0,1$	"
Nikkel	$m = c. 0,1629$	"
Zink	$m = c. 0,0685$	"

Er en Traad l Meter lang og d Millimeter i Diameter bliver dens Modstand

$$R = m \frac{1}{d^2} \text{ Ohm,}$$

hvor m kan tages fra Tabel (3).

En Opgave, der hyppigt stilles i Radioteknikken er denne: E Audionlampe, der kræver en Glødespænding paa e Volt og en Glødestrøm paa i Ampere, skal forsynes med Strøm fra et Batteri paa E Volt. Hvor stor skal da Glødemodstanden være?

I Glødemodstanden skal der altsaa opstaa et Spændings-tab paa $E \div e$ Volt, og man finder da let af Ohms Lov Størrelsen R af Glødemodstanden.

$$R = \frac{E \div e}{i}$$

Kræver Lampen f. Eks. 3,5 Volt og 0,08 Amp., og er Batterispændingen 4 Volt, saa faar man

$$R = \frac{4 \div 3,5}{0,08} = \frac{0,5}{0,08} = 6,25 \text{ Ohm.}$$

Forbindes flere Modstande paa r_1, r_2, r_3 Ohm o. s. v. i Serie saa bliver den samlede Modstand $R = r_1 + r_2 + r_3$ o. s. v. Forbindes de samme Modstande parallelt, kan den samlede Modstand R findes af

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \dots$$

Elektricitetskommissionens Forskrifter.

116. Som omtalt andet Steds i Bogen har Elektricitetskommissionen udsendt Cirkulære 5, der omhandler de af Kommissionens Bestemmelser, der tager Sigte paa Radio. Endvidere har Kommissionen offentliggjort et Par Svar paa Forespørgsler vedrørende Kondensatore i Eliminatorer og til Fjernelse af

Motorstøj. Cirkulære 5 og de omtalte Besvarelser gengives her.

Meddelelse Nr. 5.

Bekendtgørelse fra Elektricitetskommissionen.

I Henhold til § 188 *b* og *c* i det af Ministeriet for offentlige Arbejder under 26. Januar 1924 udfærdigede Reglement for Udførelse og Drift af elektriske Stærkstrømsanlæg fastsætter Elektricitetskommissionen herved følgende Regler, der skal overholdes under samme Strafansvar som Reglementets Bestemmelser:

Apparater til Opladning af Akkumulatorer.

Omformere og Transformatorer til Brug ved Opladning af Akkumulatorer fra Stærkstrømsinstallationer skal have to fra hinanden fuldstændig adskilte Viklinger, hvis indbyrdes Isolation i 1 Minut skal kunne udholde en Prøvespænding paa mindst 1000 Volt Vekselstrøm.

derfanøddøfanødarøfdn døraf nødaf

Til Opladning af Akkumulatorer direkte fra Stærkstrømsinstallationerne uden Anvendelse af mellemliggende Omformere, Transformatorer eller Ensrettere maa kun anvendes saadanne Metoder, ved hvilke ubeskyttede Metaldele paa de anvendte Apparater med tilhørende Ledninger (jfr. Stærkstrømsreglementets § 36 *a* og *b*) ikke bliver spændingsførende.

Opladning af Akkumulatorer ved direkte Tilslutning til Jævnstrømsinstallationer saaledes, at Akkumulatoren indskydes i Serie med Installationen, maa kun finde Sted, saafremt der — fast installaret ved Maalerafsætningen — forefindes en Stikkontakt med tilhørende Omskifter for mindst 6 Ampère, ved Betjening, af hvilken Forbrugsstrømmen for Installationen kan føres gennem de til Stikkontakten tilsluttede Akkumulatorer.

Omskifteren og Stikkontakten skal ved Jævnstrømsinstallationer, hvis ene Polaritet er jordforbundet, være anbragt i den jordforbundne Ledning.

Anode- og Glødespændingsapparater.

1. *a.* Alle Anode- og Glødespændingsapparater skal være udførte paa en saadan Maade og være saaledes indkapslede, at Berøring af de Dele, der fører Stærkstrøms-spændingen, er udelukket. Anodespændinger over 250 Volt maa ikke anvendes.
- b.* Alle ved Anode- og Glødespændingsapparater anvendte Kondensatorer, som er direkte tilsluttede Stærkstrøms-spændingen, eller ved hvilke et Gennemslag kan bevirke, at der kommer Spænding paa Dele, som ikke maa være spændingsførende, eller at der opstaar en Strøm der kan medføre brandfarlig Opvarmning, skal i 1 Minut saavel mellem Belægningerne som mellem disse og Stellet kunne udholde en Prøvespænding, der mindst maa være enten 1000 Volt Vekselstrøm eller 1400 Volt Jævnstrøm.
2. Ved Anode- og Glødespændingsapparater, som er bestemt for Tilslutning til et Vekselstrømsanlæg, skal anvendes en Transformator med to fra hinanden fuldstændig adskilte Viklinger, hvis indbyrdes Isolation i 1 Minut skal kunne udholde en Prøvespænding, der mindst maa være 1000 Volt Vekselstrøm.
3. Ved Anodespændingsapparater, som er bestemt for Tilslutning til et Jævnstrømsanlæg, skal der i hver af de to fra Apparatet til Jævnstrømsnettet førende Ledninger være indskudt en Modstand paa mindst 1500 Ohm. Eventuelle Induktionsspøler, som er indskudt i disse Ledninger, kan helt eller delvis danne denne Modstand, hvorimod almindelige Glødelamper ikke maa anvendes som Modstand.
- b.* Ved Anvendelse af de under *a* nævnte Apparater skal der saavel mellem Radioapparatet og Antennen som mellem Radioapparatet og Jordledningen indskydes en Kondensator, som i 1 Minut saavel mellem Belægningerne som mellem disse og Stellet kan udholde en Prøvespænding, der mindst maa være enten 1000 Volt Vek-

selstrøm eller 1400 Volt Jævnstrøm. Disse to Kondensatorer skal være indbyggede i Anodespændingsapparatet, og der skal da paa Apparatets ene Side være Klemmer for Tilslutning af Antenne og Jordledning og paa Apparatets anden Side Klemmer for de til Radioapparatets Antenne og Jordkontakter førende Ledninger.

4. *Glødespændingsapparater*, som er *bestemt for Tilslutning til et Jævnstrømsanlæg*, skal være i Overensstemmelse med det i Punkterne 1 b og 3 b anførte og skal være indbyggede i selve Radioapparatet, der i saa Fald maa være udført paa en saadan Maade, at tilfældig Berøring af alle Stærkstrømsspændingen førende Dele er udelukket (jfr. Stærkstrømsreglementets § 36a).

Kontaktpropper med indbyggede Kondensatorer for Radioapparaters Tilslutning til Stærkstrømsinstallationer (Antennepropper).

Ved Benyttelse af Stærkstrømsinstallationer som Antenne skal den i Ledningen til Radioapparatet indskudte Kondensator være saaledes indbygget i en til Tilslutning til Stærkstrømsinstallationen indrettet Kontaktprop (f. Eks. passende til en Stikkontakt eller Lampefatning), at en Berøring af spændingsførende Dele er udelukket; den til Radioapparatet førende Ledning maa da kun være tilsluttet Kontaktproppen gennem en fast Forbindelse, f. Eks. en Klemmeskrue el. lign.

Kondensatoren skal saavel mellem Belægningerne som mellem disse og Stellet i 1 Minut kunne udholde en Prøvespænding, der mindst maa være enten 1000 Volt Vekselstrøm eller 1400 Volt Jævnstrøm.

Kondensatorer til Dæmpning af elektrisk Støj Radiomodtagere.

Kondensatorer, som med Henblik paa Dæmpning af elektrisk Støj i Radiomodtagere anbringes i Forbindelse med Stærkstrømsinstallationers Ledninger, Dynamoer, Motorer og

Apparater, skal være udførte paa en saadan Maade og være saaledes indkapslede, at Berøring af de Dele, der fører Stærkstrømsspændingen, er udelukket. De skal kunne udholde en Prøvespænding, der mindst maa være enten 1000 Volt Vekselsstrøm eller 1400 Volt Jævnstrøm.

Kondensatorer maa kun tilsluttes Stærkstrømsinstallationer, naar der i hver Tilledning forefindes en Sikring for højst 6 Ampère og Ledningsinstallationen og Sikringerne er i nøje Overensstemmelse med Stærkstrømsreglementets Bestemmelser.

Elektricitetskommissionen, den 26. April 1927.

KRARUP.

Elektricitetskommissionen.

Det oplyses, at Kommissionen under 25. d. M. har besvaret en fra et herværende Fabrikationsfirma af elektriske Artikler indgaaet Forespørgsel om Fritagelse for Anbringelse af Sikringer, der anbringes til Dæmpning af elektrisk Støj i Radiomodtagere, saaledes:

„I Skrivelse af 4. d. M. forespørger Selskabet, om Kommissionen vil kunne tiltræde et af Professor Absalon Larsen efter stedfundne Undersøgelser fremsat Forslag om at udføre Kondensatorer til Dæmpning af elektrisk Støj i Radiomodtagere, til en saa stor Prøvespænding, at de i Kommissionens Meddelelse Nr. 5 af 26. April d. A. krævede Sikringer vil kunne undlades, og i bekræftende Fald, for hvilken Prøvespænding Kondensatoren da skal udføres.

I denne Anledning skal man tjenstlig meddele, at man efter Omstændighederne har ment at kunne tillade, at Kondensatorer til Dæmpning af elektrisk Støj i Radiomodtagere sluttes direkte til den elektriske Motorinstallation, under Forudsætning af:

at Tilledningerne til Kondensatoren mindst er af samme Tværsnit som Installationsledningerne til den paagældende Motor, og

at Kondensatoren kan udholde en Prøvespænding af mindst 5000 Volt Vekselstrøm eller 7000 Volt Jævnstrøm.“

Paa given Foranledning skal Elektricitetskommissionen herved oplyse, at den i Kommissionens Meddelelse Nr. 5 af 26. April d. A. under Reglerne for Anode- og Glødespændingsapparater, Punkt 1 b, anførte Bestemmelse om, at alle ved *Anode- og Glødespændingsapparater anvendte Kondensatorer*, som er direkte tilsluttede Stærkstrømsspændingen, skal kunne udholde en Prøvespænding paa 1000 Volt Vekselstrøm eller 1400 Volt Jævnstrøm, kun gælder for saadanne Kondensatorer, der er tilsluttede Stærkstrømsspændingen uden at være serieforbundne med de ifølge ovennævnte Punkt 3 a krævede 2 Modstande paa hver 1500 Ohm.

Kondensatorer, som er tilsluttede Stærkstrømsspændingen paa en saadan Maade, at den ved et eventuelt Gennemslag af Kondensatoren opstaaende Strøm er begrænset ved de fornævnte Modstande, behøver kun mellem Belægningerne i eet Minut at kunne udholde en Prøvespænding, der andrager det dobbelte af Driftsspændingen, medens Prøvespændingen mellem hver af Belægningerne og Stellet skal andrage de i Reglernes Punkt 1 b angivne Værdier. De i Punkt 3 a omhandlede Modstande eller Induktionsspøler skal da være saaledes dimensionerede, at de ikke, naar de, efter at Kondensatorerne er kortsluttede, udsættes for den fulde Driftsspænding i 6 Timer kan antage en Temperatur, der overskrider 85 Grader Celsius.

Opstillinger og Øvelser.

1. Maal en Drejekondensators Kapacitet ved forskellige Rotorstillinger og fremstil Kapaciteten grafisk som Funktion af Kondensatorens Skalainddelinger.

Der benyttes hertil en Maalebro med Summer og Batteri. Alt efter det tilgængelige Materiel benyttes en af de i Punkt 105 viste Opstillinger. Benyttes en almindelig Maalebro med enkelt Maaletraad, bør denne have den højest mulige Modstand.

2. Optag Karakteristikken for en Krystaldetektor.

Opstilling som vist i Fig. 170.

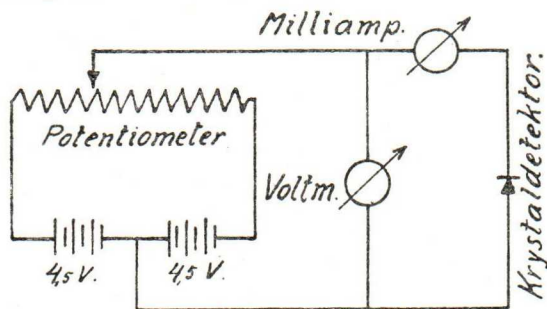


Fig. 170.

- Apparater: 1 Krystaldetektor
1 Voltmeter (bedst 5—0—5 Volt)
1 Milliampere-meter (bedst 3—0—3 M.A.)
1 Batteri (ialt 8—10 Volt)
1 Potentiometer.

Raader man ikke over Instrumenter med Skala for begge Strømretninger, maa Ledningerne til disse Instrumenter om-skiftes, naar Strømretningen skifter.

Før man begynder at optage sammenhørende Værdier af Strøm og Spænding, maa man ved nogle enkelte Indstillinger paa Potentiometeret overbevise sig om, at Detektorens Føle-traad berører et følsomt Sted paa Krystallets Overflade. Det er naturligvis meget vigtigt, at Detektorindstillingen ikke røres under Forsøget. Man bør altid begynde med den Strømretning, der giver den mindste Strømstyrke gennem Krystaldetekto-ren og slutte Forsøget med den modsatte Strømretning, da man risikerer, at det følsomme Punkt brænder sammen ved den stærke Strømbelastning ved Forsøgets Slutning.

3. Byg en primær Krystalmodtager.

Opstilling som vist i Fig. 171.

Apparater: 1 Drejekondensator c. 500 cm.

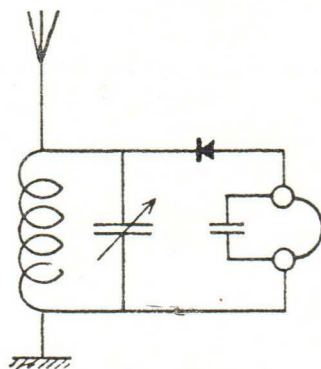


Fig. 171.

- 1 Spole
 - 1 Spoleholder
 - 1 Krystaldetektor
 - 1 Hovedtelefon
 - 1 Telefonkondensator
- Antenne og Jordforbindelse med Ledninger.

Modtageren opbygges og gøres klar til Brug. Hvis man ikke kan høre Gnistsignaler eller Radiofoni, kan Modtageren afprøves med en Bølgemaalers med Summer, idet man undersøger, hvor løst Bølgemaaleren kan kobles til Modtageren uden at Summertonen forsvinder.

4. Find en Krystalmodtagers Bølgeomraade og fremstil dette grafisk som Funktion af Modtagerkondensatorens Skala-inddelinger.

Opstilling som i Fig. 172 — eventuelt med den i Øvelse 3 opbyggede Modtager.

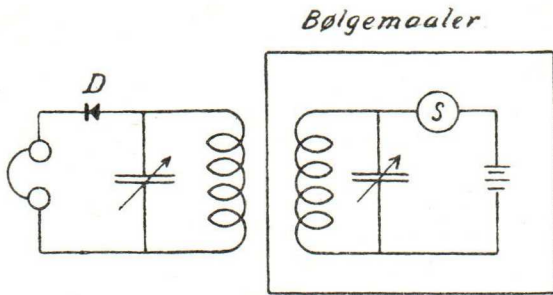


Fig. 172.

- Apparater: 1 Krystalmodtager
 1 Hovedtelefon
 1 Bølgemaalers med Summer og Batteri.

For at opnaa en skarp Bestemmelse af den Bølgelængde, Modtageren i et givet Tilfælde er afstemt til, maa man finde en Detentorindstilling, som ikke dæmper Modtagerens Svingningskreds for meget. Naar man i Telefonen hører Tonen fra Bølgemaaleren, kobles denne saa løst som muligt til Modtageren, saaledes at man kun hører Summertonen ret svagt ved Resonans — og ellers slet ikke. Man maa passe paa, at Modtagerens Ledninger eller Telefonsnøren ikke ligger hen over Bølgemaaleren, da man i saa Fald eventuelt ved kapacitiv Kobling stadig kan høre Summertonen lige kraftig, uanset om man har afstemt til Resonans.

Skulde dette Tilfælde alligevel indtræffe, maa man undersø-

ge, om en anden Placering eller andre Stillinger af Bølgemaaleren giver bedre Resultat.

5. Undersøg Afhængigheden mellem en Audionlampes Anodestrøm og dens Gitterspænding og fremstil Resultatet grafisk. (Lampens Karakteristik).

Opstilling som i Fig. 173.

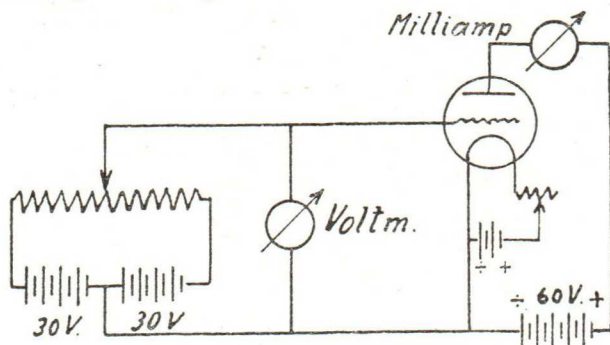


Fig. 173.

- Apparater: 1 Audionlampe
 1 Lampefatning
 1 Glødebatteri
 2 Anodebatterier a 60 Volt
 1 Mililamperemeter (0—15 eller 0—30 M.A.)
 1 Voltmeter (0—30 eller 30—0—30 Volt)
 1 Potentiometer (helst 6000 Ohm)
 1 Glødemodstand
 Ledninger

Forsøget udføres som beskrevet i Pkt. 23—24. Audionlampens Karakteristik. Gitterstrømmen kan om ønskes ogsaa optages, og der kræves da yderligere til Opstillingen et Instrument, hvorpaa $\frac{1}{10}$ Milliampere tydeligt kan aflæses.

For at sikre sig mod Ødelæggelse af Anodeinstrumentet ved forekomne Kortslutninger i defekte Lamper, kan man indskyde en Modstand paa c. 1000—10000 Ohm i Anodekredsløbet og derefter kortslutte denne Modstand, naar man har set, at Lampen er i Orden.

6. Opstil en almindelig 1-Lampemodtager med Tilbagekobling.

Opstilling som i Fig. 174.

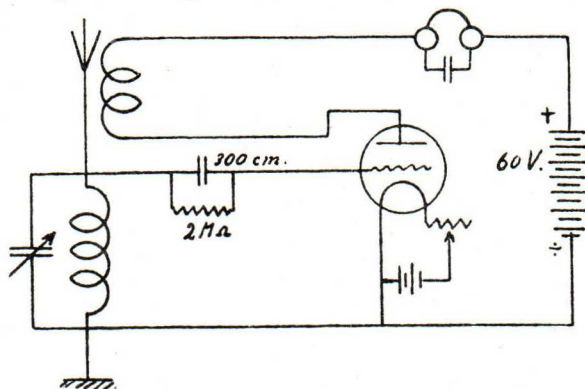


Fig. 174.

- Apparater: 1 Audionlampe
1 Lampefatning
1 Glødebatteri
1 Anodebatteri
1 Glødemodstand
1 Gitterkondensator
1 Gitterafledning
2 Spoler
1 dobbelt Spoleholder
1 Drejekondensator (500 cm.)
1 Hovedtelefon
1 Telefonkondensator
Antenne og Jordforbindelse
Ledninger

Naar Opstillingen er færdig, prøves om der høres et skarpt Knæk i Hovedtelefonen, naar Spolerne nærmes til hinanden, idet en saadan Lyd er Tegn paa, at Lampen gaar i Svingning. Ligeledes skal man som Regel kunne høre „Bærebølgen“ (Stødtonen) fra forskellige Senderstationer. Opnaar man ikke disse Beviser paa effektiv Tilbagekobling, kan man prøve en større Tilbagekoblingsspole eller man prøver at ombytte Tilledningerne til denne.

Er Opstillingen i Orden, indstilles paa forskellige Senderstationer, og man mærker sig den Tilbagekobling, der giver de bedste Resultater ved Modtagelse af henholdsvis C.W., Gnist og Telefoni.

7. Forsyn en Modtager med en transformorkoblet Lavfrekvenslampe.

Opstilling som i Fig. 175, idet Modtageren fra forrige Øvelse tænkes benyttet.

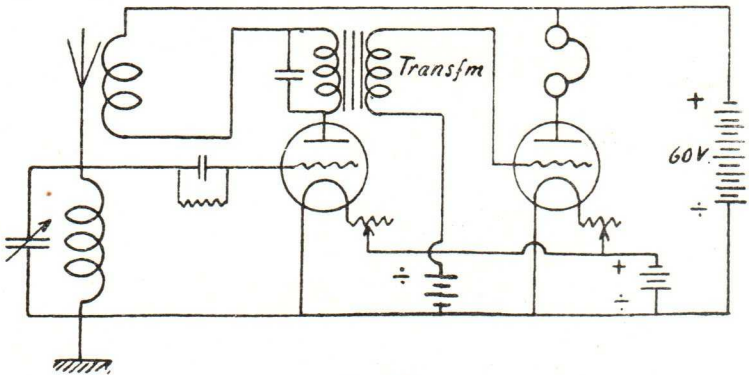


Fig. 175.

- Apparater: 1 Modtager med Tilbehør
 1 Lavfrekvenstransformator
 1 Audionlampe
 1 Lampefatning
 1 Glødemodstand og eventuelt
 1 Højttaler.

Man sammenligner Signalstyrken med og uden Lavfrekvensforstærkning og finder ved Forsøg den negative Gitterforspænding, som med den forhaandenværende Lampe og Anodespænding giver den reneste Forstærkning.

8. Byg en Modtager med et Trin Højfrekvensforstærkning og tilbagekoblet Detektor.

Opstilling som i Fig. 176 med eventuel senere Tilføjelse af Potentiometer som vist (P) i Fig. 79 Side 99.

- Apparater: 2 Audionlamper
 2 Lampefatninger
 1 Glødebatteri
 1 Anodebatteri
 2 Glødemodstande
 3—6 Spoler
 1 enkelt Spoleholder
 1 dobbelt Spoleholder
 2 Drejekondensatorer a 500 cm.
 1 Gitterkondensator
 1 Gittermodstand
 1 Potentiometer
 1 Telefonkondensator
 1 Hovedtelefon
 Antenne, Jordforbindelse og Ledninger

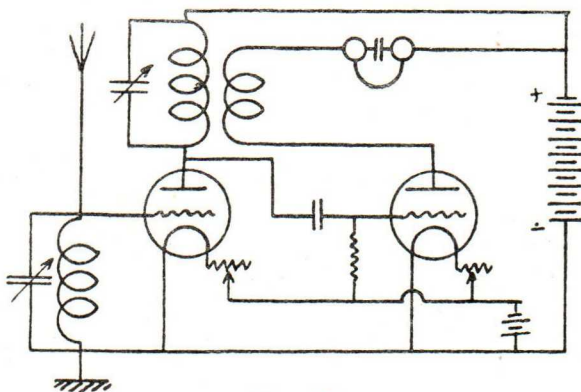


Fig. 176.

Modtageren indstilles først med meget ringe Tilbagekobling og den mindst mulige Tilbagekoblingsspole. Man undersøger derefter om Højfrekvenslampen er stabil, naar Antennekreds og Reaktanskreds afstemmes til Resonans. Hører man paa sædvanlig Maade, at „Højfrekvenslampen gaar i Svingning“, maa man tilføje Potentiometeret som omtalt ovenfor, for at faa stabiliseret Lampen. Derefter prøves Tilbagekoblingen som omtalt under Øvelse 6.

9. Bestem en Lampemodtagers Bølgeomraade med en Heterodyn-Bølgemaalers og fremstil Bølgelængderne grafisk som Funktion af Modtagerkondensatorens Skalainddelinger.

Opstilling som i Fig. 177.

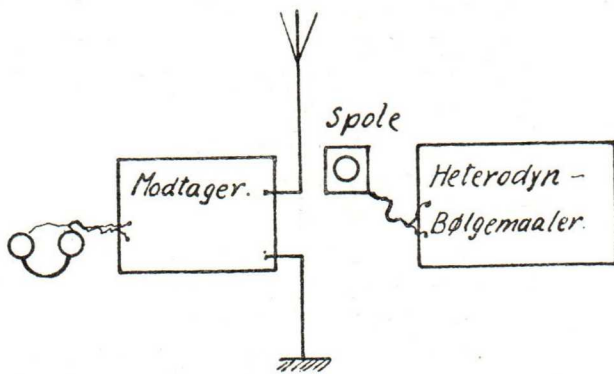


Fig. 177.

Apparater: 1 Eenlampe Modtager med Tilbagekobling
1 Heterodynbølgemaalers
Batterier og Telefon

Man indstiller paa Bølgemaaleren til man hører den karakteristiske Fløjtetone i Hovedtelefonen. Mellem to omtrent sammenfaldende Fløjtetoner findes Tavshed i et skarpt begrænset Punkt. Den her fundne Indstilling er den rigtige. Man maa passe paa, at den Tone, man hører, ikke skyldes en af Bølgemaalersens Oversvingninger.

10. Opstil en Sender for Telefoni.

Opstilling som i Fig. 178.

Apparater: 3 Spoler (150—200—400 Vindinger)
1 dobbelt Spoleholder
1 enkelt Spoleholder
1 Kondensator 0,005 Mfd.
2 Modtagerlamper (samme Type)
1 Glødebatteri
1 Anodebatteri

- 2 Glødemodstande
- 1 Taledrossel (Lavfrekvenstransformator)
- 1 Mikrofon
- 1 Mikrofontransformator
- 1 Mikrofonbatteri
- Antenne, Jordforbindelse og Ledninger

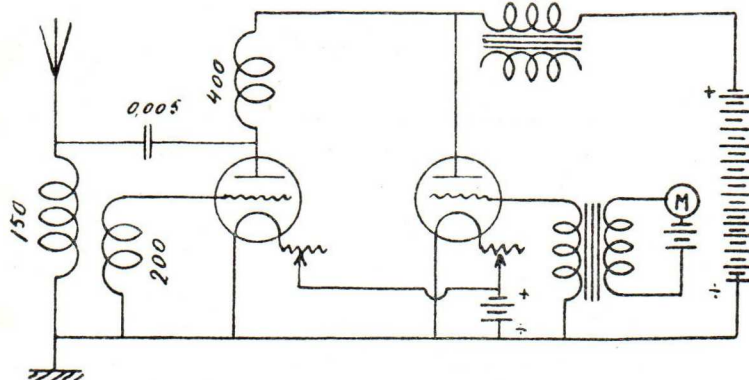


Fig. 178.

Man kan til Opstillingen benytte to Kraftforstærkerlamper. Antenne- og Gitterspole kobles tæt sammen og ved Lytning paa en Modtager med Tilbagekobling undersøges det, om Senderlampen „svinger“. Om fornødent byttes Tilledningerne til Gitterspolen.

For at undgaa at forstyrre andre, sendes kun paa en lille Antenne (kort Stueantenne) og der modtages saa vidt muligt i et andet Lokale paa en af de foran omtalte Modtagere.

11. Forsøg med Borttagelse af Motorstøj.

Der arbejdes med en Lampemodtager med Tilbagekobling. En Motor i samme eller et nærliggende Lokale startes og standses skiftevis, til man er sikker paa at kunne identificere Motorstøjen i Modtageren. Benyttes en mindre Motor drevet fra Batteri, maa man helst have lange Ledninger til Motoren.

Man undersøger nu Støjdæmpningen med Kondensatorer alene, dels med Kondensatoreernes Midtpunkt forbundet til Jord og dels forbundet til Motorens Stel. Derefter indskydes

Spoler i Motortilledningerne mellem Motor og Kondensatorer og Spolernes Indvirkning paa Støjen i Modtagerne bemærkes.

Angaaende Anbringelsesmaaden for Spoler og Kondensatorer: se Afsnittet om Motorforstyrrelser. Der bør undersøges Virkningen af forskellige Kondensatorstørrelser.

Motorstøjens Styrke i Modtageren kan bedømmes alene ved Lytning, eller hvis man raader over passende Hjælpemidler eventuelt ved Hjælp af en „Paralleløhm“ eller et Lampevoltmeter.

Ved Arbejdet med Bortfjernelse af Motorforstyrrelser er det af Interesse at lægge Mærke til Forskellen i Støjfrihed paa korte og lange Bølger. Gør man de første Forsøg med en Modtager afstemt til en kort Bølgelængde, f. Eks. 300 m. og det lykkes her at faa Motorstøjen fjernet, saa er det ikke dermed givet, at man ogsaa har støjfri Modtagelse paa store Bølgelængder (over 2000 m). De i Afsnittet om Motorforstyrrelser omtalte Vandrebølger skal have Bølgefronten endnu stærkere affladet for ikke at give Forstyrrelser ved store Bølgelængder, og Forsøgene vil derfor ofte vise, at medens man med Kondensatorer paa 0,1 Mfd. kan bortskaffe Støjen fuldstændig, naar Modtageren benyttes indenfor det almindelige Bølgeomraade for Radiofoni (200—600 m.), saa vil det ofte for længere Bølgelængders Vedkommende være nødvendigt at forsyne Motoren med større Kondensatorer for at opnaa Støjfrihed.

Til Forsøgene kan f. Eks. benyttes 1 Par Kondensatorer paa 0,4 a 0,5 Mfd., 1 Par paa 0,1 Mfd. og et Par paa c. 0,02 Mfd. 1 Par paa 0,1 Mfd. og et Par paa ca. 0,02 Mfd. Færdige Blokke monteret med Sikringer i Ledningerne til Kondensatorerne findes i Handelen (Fig. 179).

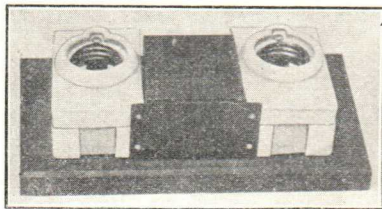


Fig. 179.

INDHOLDSFORTEGNELSE.

Elektriske Svingninger og Bølger.

1. Svingningskredse og Enheder	5
9. Elektromagnetiske Bølger	18
11. Resonans og Kobling	21
15. Detektorer	27
16. Bølgemaaling	33
17. Principper for Sending og Modtagning	37
18. Krystalmodtagere	43

Audionlampen.

21. Elektricitet og Stof	49
22. Ensretterlampen	52
23. Tre-Elektrode-Lampen	55
24. Audionlampens Karakteristik	58
25. Audionlampen som Forstærker	63
33. Audionlampen som Detektor	72
35. Audionlampen som Svingningsgenerator	75
38. Lampesendere	81
47. Audionmodtagere	92
59. Specielle Flerelektrode Lamper	114

Modtagere og Stærkstrøm.

60. Farer ved Anvendelse af Stærkstrøm i Modtagere	119
61. Den praktiske Anvendelse af Stærkstrøm	125

Radio Forstyrrelser.

66. Forstyrrelsernes Art	136
67. Forstyrrelser fra fremmede Sendere	137
68. Atmosfæriske Forstyrrelser	140
69. Forstyrrelser fra Motorer og Installationer	142

Radio Materiel.

70. Isolationsmaterialerne	152
71. Kautsjuk, Gummi, Ebonit	154

72. Bakelit, Nocaït	155
73. Trolit	156
74. Glas og Porcellain	156
75. Galalith	157
76. Celluloid	158
77. Glimmer og Mikanit	158
78. Paraffin	159
79. Skællak	159
80. Papir, Presspan o. l.	160
81. Olier	160
82. Ledende Materialer. Højfrekvensmodstand	160
83. Kondensatorer	162
85. Spoler	167
90. Transformatorer	178

Antenner.

91. Antennemodstand	181
93. Antennebygning i fri Luft	184
95. Indendørs Antenner	188
96. Jordforbindelse. Modvægt	190
97. Antennens Retningsvirkning	192

Forskellige Sendere.

98. Gnistsenderen	196
99. Poulsenbuen	198
101. Højfrekvensmaskiner	201
102. Goldschmidts Højfrekvensmaskine	202
103. Højfrekvensmaskine efter Arco	203
104. Andre Højfrekvensmaskiner	205

Maalinger og Beregninger.

105. Bromaalinger	207
106. Om Bølgemaalinger	212
108. Audionvoltmeteret	216
109. Maaling af Forstærkning	218
110. Maaling af Højfrekvensmodstand	220
111. Antennemaalinger	221
112. Beregning af Kapacitet	226
114. Beregning af Selvinduktion	227
115. Beregning af Modstand	228
116. Elektricitetskommissionens Forskrifter	229
Opstillinger og Øvelser	235

Fritz Nielsens Bogtr., Vesterbrogade 27, Kbhv. V.