

## Telefon bez drutu.

---

Przenoszenie dźwięków na odległość za pomocą fal elektromagnetycznych jest ideowo tak samo związane z telegrafją bez drutu, jak telefonowanie po drucie z przesyłaniem znaków pisaćskich za pomocą prądu elektrycznego.

Telegrafowanie po drucie polega na zmianie natężenia prądu elektrycznego w odpowiednich odstępach czasu i w odpowiednim stopniu.

Na tym samym zjawisku polega również telefonowanie, inne tylko są przyrządy wysyłające i odbierające w telegrafii, inne w telefonie.

Gdy w telegrafii mamy na stacji wysyłającej najrozmaitsze przerywacze, a na odbierającej mechanizmy, piszące pod wpływem zmiennych prądów, w telefonie przyrządem wysyłającym jest mikrofon a odbieraczem słuchawka (telefon).

W mikrofonie pod wpływem fal dźwiękowych drga płytka, zwykle węglowa, ściskająca ze zmienną siłą drobiny węgla, przez co zmienia się opór elektryczny mikrofonu.

Prąd, przepływający przez mikrofon, stosownie do jego oporu zmienia swe natężenie i, przebiegając następnie przez zwoje elektromagnesów polaryzowanych słuchawki, wprawia w niej w ruch płytkę żelazną. Z drobnymi zmianami taki sam mikrofon i słuchawka są używane w telefonii bez drutu.

W szczegółach jednak trochę inaczej przedstawia się przejście od telegrafji iskrowej do telefonji.

Nie każde fale elektromagnetyczne mogą przenieść wyraźnie dźwięki. Tylko fale odpowiednio częste i ciągłe mogą na stacji wysyłającej przyjąć i następnie przenieść dość wyraźny fonogram dźwięków, aby, po przybyciu na stację odbierającą, odtworzyć je w słuchawce z odpowiednią dokładnością.



Pozatym pomiędzy falami elektromagnetycznymi a słuchawką jest jeszcze jeden szczególny przyrząd pośredni, odtwarzający fonogram fal w zmiennym prądzie elektrycznym, który dopiero może wprowadzić w ruch błonę słuchawki.

Telefonja bez drutu mogła więc być wynaleziona dopiero wtedy, gdy zbudowano przyrządy do wysyłania ciągłych fal elektromagnetycznych i odpowiednie odbieracze.

Przyrządy, stosowane w telegrafji iskrowej w roku 1895 przez Marconi'ego, działały falami szybko zanikającymi; na stacji odbierającej stosowano koherer z opiłkami jako przyrząd, odczuwający prądy wahańdłowe, które powstają w przewodniku powietrznym. Koherer taki mógł tylko zamykać lub przerywać obwód jakiegoś źródła prądu, nie mógł jednak w żadnym razie ani odczuć, ani odtworzyć drobnych zmian w falach elektromagnetycznych.

Na urywkach fal szybko zanikających (rys. 1) nie można było oczywiście wywołać zmian, stanowiących subtelny fonogram dźwięków.

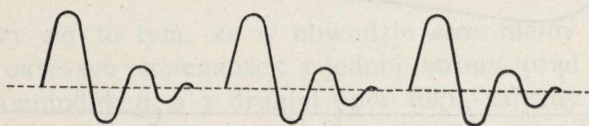


Fig. 1.

Wkrótce jednak w telegrafji bez drutu zaczęto stosować fale ciągłe i odbieracze, wrażliwe nie na napięcie jak zwykły koherer, a na ilość energii, dostarczonej przez fale.

Jest kilka sposobów wywoływania fal elektromagnetycznych mniej lub więcej ciągłych.

Pierwszy polega na zastosowaniu obwodów, zaopatrzonych w samoindukcję bez żelaza i znaczną pojemność. W obwodach tych powstają przy wyładowaniach kondensatora silne i długotrwałe wahania ładunków elektrycznych o pewnym okresie, zależnym od wielkości samoindukcji i pojemności.

Drugi sposób opiera się na zastosowaniu dynamomaszyn, wytwarzających bezpośrednio prąd szybko zmienny.

Trzeci zaś—na użyciu łuku Volty, z włączonemi równolegle kondensatorem i cewką indukcyjną.

Z dotychczasowego doświadczenia wypływa, że największe znaczenie dla telefonji bez drutu ma właśnie łuk Volty, jako źródło fal elektromagnetycznych.

Z tego względu w kilku słowach wyjaśnię działanie tego rodzaju przyrządów, opierając się na szczegółowych badaniach Simona.



Związek pomiędzy prądem i napięciem w łuku Volty jest znacznie bardziej złożony, niż w oporach zwykłych; opór łuku zmienia się ze wzrastaniem lub zmniejszaniem się natężenia prądu. Gdy łuk jest utworzony pomiędzy dwoma jednolitemi węglami i w obwód są włączone odpowiednie opory, to przy wzroście natężenia prądu napięcie na łuku zmniejsza się, a przy zmniejszaniu się wzrasta. Jeżeli prąd

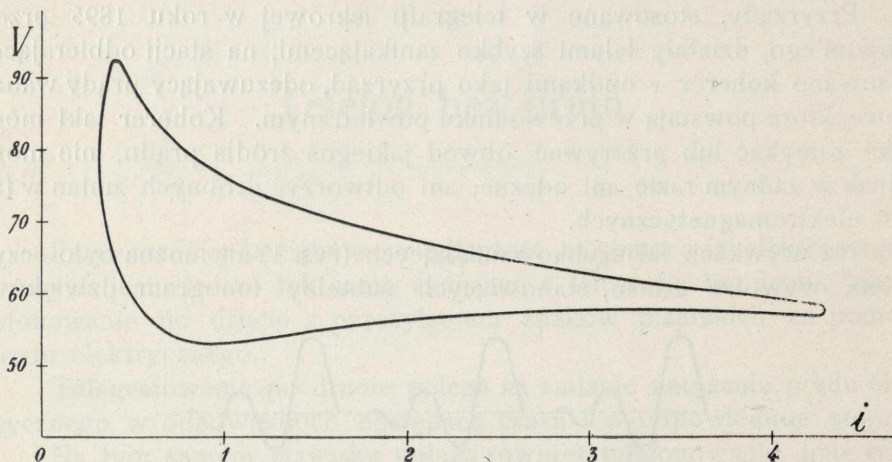


Fig. 2.

w łuku zmienia się cyklicznie, to zależność napięcia od prądu wyraża się krzywą zamkniętą, przedstawioną na fig. 2. Gdy prąd rośnie, temperatura węgla ujemnego wzrasta, powiększa się ilość jonów w łuku i opór łuku znacznie się zmniejsza, a przez to spada napięcie, gdy natomiast natężenie prądu w łuku słabnie, temperatura węgla ujemnego obniża się, opór wzrasta i napięcie podnosi się.

Z powodu tej własności łuku w obwodzie  $abca$  (fig. 3), równoległym do łuku i zawierającym pojemność i samoindukcję, łatwo powstają wahania okresowe prądu. Gdy kondensator  $c$  ładuje się, prąd  $J$  dopływający ze źródła dzieli się na dwa prądy: jeden płynący do łuku  $i_1$ , drugi do kondensatora  $i_2$ ; prąd  $i_1$  stopniowo rośnie, prąd zaś  $i_2$  zmniejsza się. Przy wzroście prądu  $i_1$ , na zasadzie powyżej przedstawionej własności łuku, napięcie na  $ab$  zaczyna spadać,

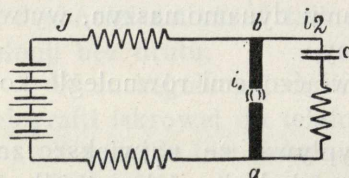


Fig. 3.

kondensator naładowany do wyższego napięcia wyładowuje się przez łuk, przez co zwiększa tam prąd i obniża w dalszym ciągu napięcie  $ab$ ,



to zaś oczywiście sprzyja wyładowaniu kondensatora. Gdy prąd wyładowujący ustaje, zmniejsza się prąd w łuku, napięcie na *ab* rośnie i kondensator znowu się ładuje.

Samoindukcja w obwodzie kondensatora sprzyja powstawaniu wahadłowego ruchu elektryczności w tym obwodzie przez wywoływanie napięcia, przedłużającego czas wyładowania i ładowania kondensatora.

Okres wahań prądu w obwodzie *acba* zależy od pojemności kondensatora i współczynnika samoindukcji tego obwodu; wyraża się on zwykle wzorem:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$$

*C* — pojemność, *L* — współczynnik samoindukcji.

Dany łuk nie może jednak wywoływać wahań o dowolnej częstotliwości. Dla każdego łuku jest jedna częstota, która powstaje najłatwiej; wahańia te są najsilniejsze, inne zaś wahańia o częstotliwości mniejszej lub większej, bliższej do powyższej, mogą również powstać, lecz będą zawsze słabsze.

Tłumaczy się to tym, że w obwodzie *abca* mamy dwa czynniki o swoistych okresach zmienności: z jednej strony prąd w zespole pojemności i samoindukcji, a z drugiej opór łuku, zależny od temperatury i wielkości rozżarzonej powierzchni węgla ujemnego; prędkość zmienności tej temperatury i powierzchni w zależności od czasu jest oczywiście zupełnie określona dla danych warunków tworzenia się łuku.

Przy zastosowaniu łuku do wywoływania fal elektromagnetycznych, szczególnie dla telefonji bez drutu, konieczne jest wywoływanie szybkich wahań prądu. Należy więc w urządzeniu tego łuku stosować wszelkie środki, zwiększające szybkość zmiany temperatury i wielkości rozżarzonej powierzchni bieguna ujemnego.

Szybkie zmiany oporu zachodzą w łukach o małym prądzie, wysokim napięciu, umieszczonych w atmosferze gazów dobrze przewodzących ciepło lub w rozmaitych parach i gazach, zawierających wodór lub węglowodory; elektrody mogą być metalowe, — dodatnia chłodzona; niektórzy umieszczają łuki w polu magnetycznym, inni używają łuków wielokrotnych, połączonych w szereg.

Za pomocą takich urządzeń osiąga się częstota wahań, znacznie przewyższająca częstota drgań głosowych mowy ludzkiej i zupełnie wystarczająca do przyjmowania fonogramów. Wynalazca takich łuków Poulsen otrzymywał drgania o częstotliwości 100000 i więcej na sekundę.

Sposób wytwarzania fonogramów na falach elektromagnetycznych polega na włączaniu mikrofonu do obwodu na stacji wysyłającej. Włą-



czać można mikrofon w rozmaitych miejscach obwodu; najczęściej umieszcza się go jednak w przewodniku, łączącym antenę (przewodnik powietrzny) z ziemią (fig. 4). Stosownie do wielkości oporu w mikrofonie zmienia się obszerność drgań elektrycznych w antenie, a więc i natężenie wysyłanych przez nią fal elektromagnetycznych.

Na stacji odbierającej główną rolę grają przyrządy, wrażliwe na drgania elektryczne, wywołane przez fale elektromagnetyczne lub przetwarzające te drgania w taki sposób, aby one mogły oddziaływać na słuchawkę telefoniczną. Te odbieracze fal są oparte na rozmaitych zasadach; najważniejsze są elektrolityczne, kontaktowe, termoelektryczne i jonizacyjne.

Przyrząd elektrolityczny składa się z naczynia z kwasem (np. azotowym) i druczika platynowego grubości około 0,0025 mm., pogrążonego w kwasie. Pod wpływem wahadłowych prądów zmienia się opór i stan polaryzacji tego przyrządu. Dla otrzymania dźwięków w słuchawce telefonicznej  $T$  (fig. 5) łączy się ją w obwód z ogniwem gal-

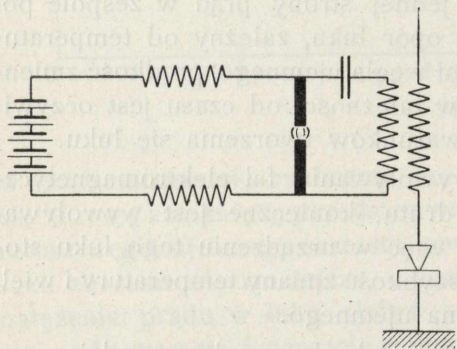


Fig. 4.

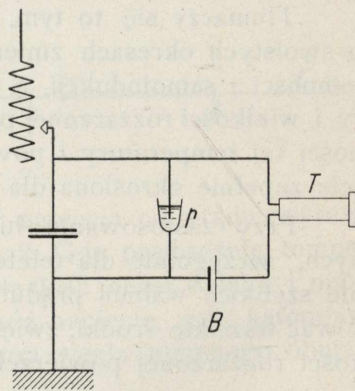


Fig. 5.

wanicznym  $B$ , odgałęziając go od obwodu, przyjmującego fale tak, jak wskazano na rysunku ( $p$  — jest to odbieracz elektrolityczny).

W taki sam sposób wprowadza się w obwód odbieracz kontaktowy, składający się z dwóch ciał, dotykających do siebie; dla utworzenia kontaktu stosowano najrozmaitsze ciała; bardzo dobre wyniki otrzymał Dublier z kryształem pirytu żelaznego, opartym na sprężynie stalowej, zrobionej ze struny fortepjanowej.

Odbieracz termoelektryczny opiera się na wywoływaniu napięcia termoelektrycznego przez ogrzewanie prądami wahadłowymi spójnienia dwóch różnych metali lub też cienkiego druczika, który przez przewod-



nictwo i promieniowanie ogrzewa ogniwo termoelektryczne. Przy zastosowaniu takiego odbieracza ogniwo galwaniczne jest zbędne.

Wreszcie odbieracz jonizacyjny opiera się na własności ciał rozżarzonych wysyłania ujemnych jonów. W opróżnionej bani szklanej *G* (rys. 6) znajduje się nitka węglowa, rozżarzona przez prąd baterji *B*. Prądy wahadłowe przepływają przez gaz rozrzedzony tylko w jednym kierunku za pośrednictwem jonów ujemnych, wybiegających z nitki. Prądy te jednokierunkowe przepływają przez słuchawkę *T* i wywołują dźwięk przez ich zmienność.

Pierwsze pomyślne wyniki prób, przeprowadzonych z telefonowaniem bez drutu, osiągnięto mniej więcej jednocześnie w Ameryce i w Danji. R. Fessenden z Ameryki pisze w *The Electrician* londyńskim, że już w końcu roku 1903 próby telefonowania z jego przyrzą-

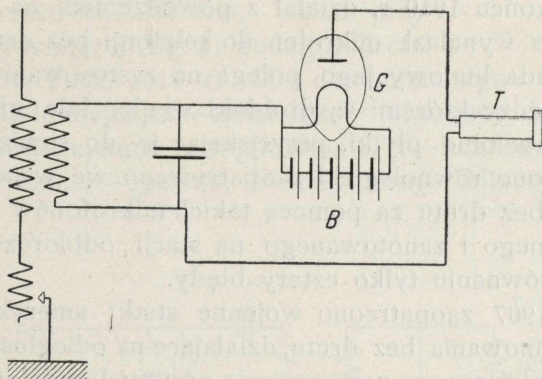


Fig. 6.

dami wypadły dość pomyślnie, a Poulsen w Danji wziął w roku 1904 patent na swój układ przyrządów do telefonowania za pomocą fal elektromagnetycznych.

R. Fessenden w roku 1899 spostrzegł wyraźny dźwięk przerywacza Wehnelta przy telegrafowaniu bez drutu i na podstawie tego spostrzeżenia wpadł na myśl urządzenia telefonu bez drutu. Pierwsze doświadczenia Fessenden przeprowadził w 1900 r., używając do otrzymania możliwie ciągłych fal specjalnego przerywacza, szybko działającego, który dawał około 10000 iskier na sekundę.

Naprawdę zadawalniające wyniki otrzymał jednak Fessenden, wywołując fale łukiem Volty lub dynamomaszyną, wytwarzającą prąd zmienny o 10000 okresów na sekundę. W końcu 1906 r. wykonano próby na wielką skalę, urządzając połączenie telefoniczne bez drutu na odle-



głości 17,6 Km. i przesyłając mowę dalej za pomocą telefonicznego przenośnika po linii telefonu z drutem.

Przez ulepszenie przyrządów, które polegało głównie na udoskonaleniu mikrofonów, osiągnięto w roku 1907 możność telefonowania na znacznie większą odległość, sięgającą prawie do 320 kilometrów.

Ponieważ przy dużych odległościach potrzebna jest dość znaczne natężenie prądu na stacji wysyłającej, więc wielką trudność stanowi tu urządzenie odpowiednich mikrofonów, które mogły by wytrzymywać takie natężenie. Probowano łączenia kilku mikrofonów równolegle, odbija się to jednak ujemnie na czystości dźwięków.

W tym samym czasie de Forest w Ameryce zbudował stacje telefonu bez drutu, oparte na tych samych zasadach, działające bardzo dobrze na odległość narazie 6,5 Km., potym 40 Km. Również w Ameryce znane są jeszcze próby Dubiliera, którego aparat opisany w *The Electrician* w końcu 1910 r. działał z powodzeniem na 160 Km.

Fr. Collins wynalazł mikrofon do telefonji bez drutu, nadzwyczaj sprawny. Zasada budowy jego polega na zastosowaniu dwóch płytek węglowych, między którymi są drobinki węgla; fale głosowe uderzają z dwóch stron w obie płytki, przyciskając je do siebie. Cztery takie mikrofony łączono równolegle i zaopatrywano we wspólną tubę. Przy telefonowaniu bez drutu za pomocą takich mikrofonów na dwóch stronach przeczytanego i zanotowanego na stacji odbiorczej druku, znaleziono przy porównaniu tylko cztery błędy.

W roku 1907 zaopatrzono wojenne statki amerykańskie w przyrządy do telefonowania bez drutu, działające na odległość 8 Km. O wynikach tego praktycznego zastosowania przyrządów telefonicznych znajdujemy jednak w *The Electrician* za 1911 r. z dnia 3 marca wiadomość w postaci listu datowanego 18 maja 1909 r. z departamentu żeglugi w Washingtonie, że telefony okazały się niepraktyczne, z niektórych statków je usunięto, a co do reszty biuro żeglugi zastanawia się nad sprawą ich usunięcia. W Ameryce jednak w dalszym ciągu pracują nad udoskonaleniem telefonu i w ostatnich czasach osiągnięto działanie na odległość 650 Km.

W Europie z takim samym w zasadzie układem przyrządów jak u Fessendena otrzymano niezłe wyniki w kilku miejscach. Poulsen, wynalazca sposobu wywoływania szybkich drgań elektrycznych za pomocą łuku Volty, urządził pod Kopenhagą telefon bez drutu, który w końcu roku 1906 działał na odległość 200 m., a w końcu roku 1907 na odległość 370 m.

W tym samym czasie Towarzystwo telegrafu bez drutu „Telefunken” z dobrym skutkiem przeprowadzało próby telefonowania pod Ber-



linem w końcu roku 1906 na odległość 40 Km., a w końcu roku 1907 na 75 Km.

We Włoszech Majorana stosował nadzwyczaj oryginalny mikrofon (fig. 7). *A* — naczynie z wodą zakwaszoną, *m* i *n* — płytki metalowe, *M* — błona sprężysta. Fale głosowe wprawiają w ruch błonę, która porusza naczynie z wodą; strumień wody wypływający z naczynia drga i przez to zmienia się opór połączenia pomiędzy płytkami *m* i *n*, przez które przepuszcza się prąd. Zbudowany przez p. Majoranę taki mikrofon wytrzymał prąd do 10A i umożliwił przesyłanie dźwięków na odległość do 400 Km.

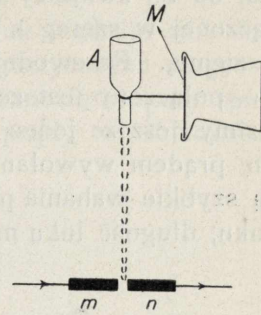


Fig. 7.

We Francji Colin i Jeance urządzili telefon, działający na przestrzeni 240 Km. Układ przyrządów stacji wysyłającej (fig. 8) podają z *Electrical Review* New-York 1910 r. *D* — dynamomaszyna prądu stałego, *S*, *S* — zwojnice indukcyjne, *L* — kilka łuków (elektrody dodatnie metalowe, chłodzone wodą, ujemne — węglowe), *C*, *C* — kondensatory, *T*<sub>1</sub>, *T*<sub>2</sub> — transformatory Tesli, *r* — opornik, *M* — mikrofony. Mikrofonów stosowa-

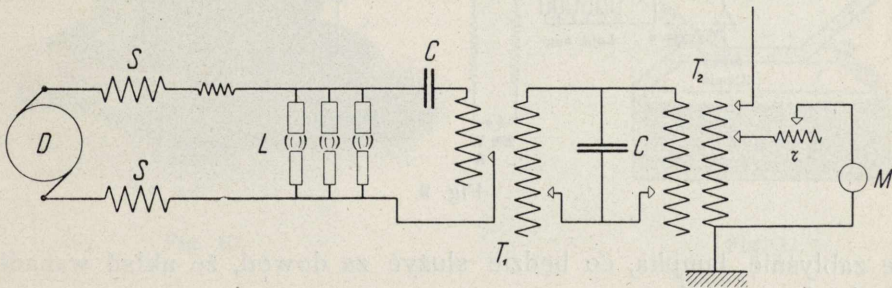


Fig. 8.

no kilka, połączonych w szereg ze wspólną tubą do przyjmowania dźwięków.

Tego rodzaju przyrządy ustawiono na statkach wojennych francuskich: „Justice” i „Vérité”.

Dla lepszego zorientowania się w całości urządzenia i działania telefonu bez drutu podaję opis szczegółowy małego układu doświadczalnego, opracowanego i wykonanego przez E. F. Hutha w Berlinie. Przyrządy te przy wysokości anteny 1,5 m. działają dobrze na odległości 50 m.



Na rys. 9 podany jest układ połączeń na stacji wysyłającej i odbierającej. Prąd na stacji wysyłającej dopływa z dynamomaszyny o napięciu 220 woltów przez zwojnice indukcyjne do łuku. Równolegle z łukiem jest połączona bateria butelek lejdejskich i zwojnica indukcyjna, od tej zwojnicy na dół idzie przewodnik do butelki lejdejskiej, połączonej w szereg z mikrofonem, który z drugiej strony ma połączenie z ziemią. Przewodnik powietrzny—antena w kształcie drutów parasola—połączony jest ze zwojnicą indukcyjną u góry. Nad tą zwojnicą widzimy jeszcze jeden obwód z lampką żarową próbną, która rozżarza się prądem wywołanym przez indukcję wtedy, gdy w zwojnicy powstają szybkie wahania prądu; za pomocą tej lampki sprawdza się działanie łuku; długość łuku można zmienić, można go zgasić i znowu zapalić aż

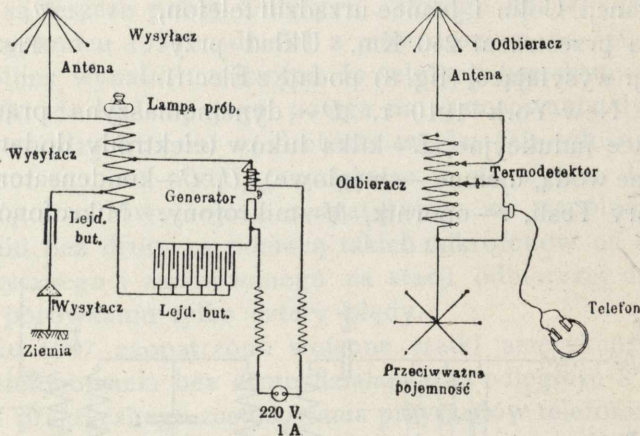


Fig. 9.

nie zabłyśnie lampka, co będzie służyć za dowód, że układ wahadłowy działa prawidłowo.

Na stacji odbierającej widzimy znowu antenę, taką samą jak na wysyłającej, zwojnicę indukcyjną i przeciwważną pojemność zamiast połączenia z ziemią. Dwie słuchawki telefoniczne, połączone w szereg z odbieraczem cieplnym (termodetektor szczegółowo nieopisany). Obwód słuchawek jest przyłączony równolegle do zwojnicy indukcyjnej.

Widok zewnętrzny przyrządu z łukiem widzimy na fig. 10. Wewnątrz żelaznego naczynia umieszczone są dwa węgle wydrążone, pokazane w przecięciu na fig. 11; do węgla dolnego nalany jest spirytus. Górny węgiel zawiera domieszki, mające magnetyczne własności, i przez to podlega wciąganiu wewnątrz zwojnicy, umieszczonej w gór-



nej części naczynia. Po drutach tej zwojnicy przebiega prąd, przyplwający do łuku.

Gdy prądu niema, węgiel górny opiera się na dolnym. Jeżeli puścić prąd, to zwojnica podniesie górny węgiel i utworzy się łuk na krawędzi otworu dolnego węgla.

Pod wpływem pola magnetycznego zwojnicy łuk wędruje wokoło po krawędzi dolnego węgla, ponieważ linje sił magnetycznych są prostopadłe do kierunku prądu w łuku. Taki łuk w atmosferze pary spirytyusu bardzo łatwo wywołuje szybko zmienne prądy w obwodzie

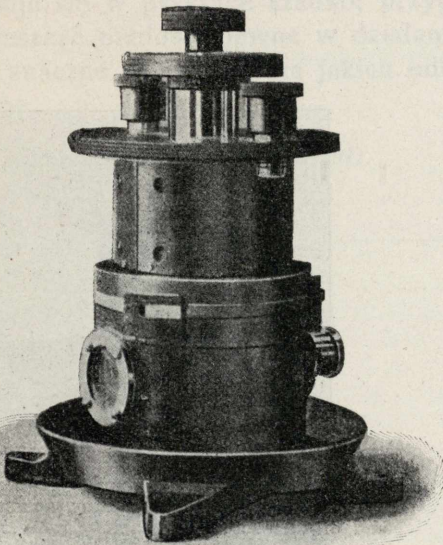


Fig. 10.

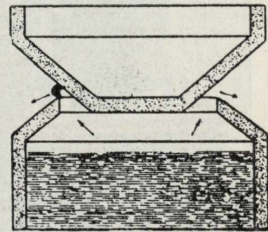


Fig. 11.

butelek lejdejskich. Natężenie prądu w łuku wynosi nie więcej jak jeden amper.

Na fig. 12 widzimy urządzenie stacji wysyłającej. W środku mikrofon i antena, z lewej strony zwojnica indukcyjna, z prawej przyrząd z łukiem. W pudełku pod deską stolika znajdują się butelki lejdejskie.

Na fig. 13 mamy stację odbierającą. Na stoliku widzimy antenę, zwojnicę indukcyjną, na niej odbieracz cieplny (termodetektor), z boku wiszą słuchawki.

Ta sama firma wyrabia podobne stacje podwójne, takie że na każdym stoliku są przyrządy odbierające i wysyłające; za pomocą prze-



łącznika można antenę łączyć na przemian z przyrządami wysyłającymi lub odbierającymi.

Pozatym do użytku praktycznego wyrabiają się przyrządy do telefonowania bez drutu na odległość do 80 Km.

Z wiadomości, podanych w pismach, wypada, że telefon bez drutu nie znalazł jeszcze dotychczas szerokiego zastosowania w praktyce, nie bacząc na to, że poszczególne doświadczenia udawały się bardzo dobrze; odtwarzanie dźwięków było podobno lepsze i czystsze niż w telefonie z drutem, co należy przypisać usunięciu pojemności elektrycz-

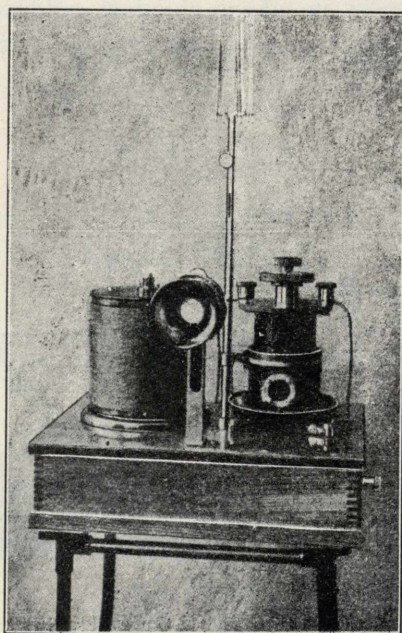


Fig. 12.

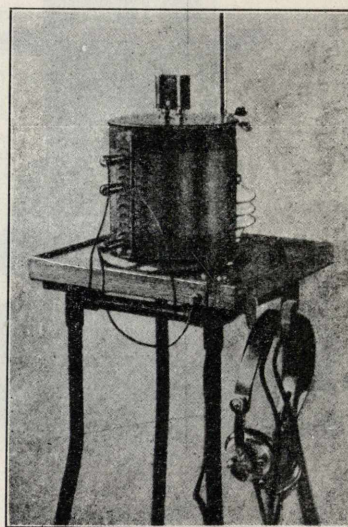


Fig. 13.

nej przewodnika, która znacznie zmienia charakter zmienności prądu (zmienia formę krzywej prądu), a pozatym ważne ma znaczenie brak dźwięków i szmeru postronnego od rozmaitych drobnych czynników, wywołujących zmiany prądu w drucie. W zwykłym telefonie zawsze słyszymy silniejszy lub słabszy szmer; w telefonie bez drutu jest zupełna cisza, gdy nie słycać mowy.

Porównywując telefon bez drutu z telegrafem bez drutu, należy zwrócić uwagę, że po za łatwiejszym porozumiewaniem się zwykłą mową niż telegraficznymi znakami, otrzymuje się większa dokładność wza-



jemnego dostrajania się stacji przy nieprzerwanym biegu fal elektromagnetycznych; w tych warunkach łatwiej jest dobrać pojemność i samoindukcję obwodów stacji odbierającej tak, aby okres własny drgań w tych obwodach był zgodny z częstością drgań fal otrzymywanych. Dostrojenie się tu może być ostrzejsze t. j. można wyregulować przyrządy w ten sposób, aby odczuwały tylko grupę fal bardzo bliskich do pewnej określonej częstości. W tych warunkach łatwiej jest urządzić niezależną komunikację pomiędzy kilku stacjami, tak aby jedna drugiej nie przeszkadzała.

Pomimo to jednak telefon bez drutu, jak wspomniałem, dotychczas stosuje się w praktyce rzadko; przypisać to należy temu, że przyrządy są jeszcze niedość pewne w działaniu i nie mogą odtworzyć głosu na tak znaczne odległości, na jakich odtwarzają znaki przyrządy telegraficzne.

*M. Pożaryski.*

*Warszawa, w październiku 1911.*