

BIBLIOTEKA  
PRZYRODY  
I  
TECHNIKI

T. MALARSKI

# O RADJOTELEGRAFJI

LWÓW—WARSZAWA  
KSIĄŻNICA POLSKA T. N. S. W.



# PRZYRODA i TECHNIKA

JEDYNE W KRAJU CZASOPISMO POPULARNO-NAUKOWE, POŚWIĘCONE NAUKOM PRZYRODNICZYM I ZAGADNIENIOM Z NIEMI ZWIĄZANYM WE WSZELKICH DZIEDZINACH ŻYCIA PRZEMYSŁOWEGO I GOSPODARCZEGO

WYCHODZI 10 RAZY NA ROK W NAKŁADZIE „KSIĄŻNICY POLSKIEJ T. N. S. W.“ PRZY ZASIŁKU MIN. W. R. I O. P.

**T**REŚĆ ROCZNIKA PIERWSZEGO: INŻ. DR. J. FUCHS: Budowa materji w świetle badań nowoczesnych. — PROF. DR. J. HIRSCHLER: Mendlowe dzieło. — DR. S. KRZEMIE-NIEWSKI: Ochrona przyrody ojczystej i jej znaczenie. — INŻ. DR. T. MALARSKI: Zarys rozwoju radjotelegrafji. — J. ŁOM-NICKI: O gościach mrówek. — PROF. DR. J. SIEMIRADZKI: Zalane skarby. — Ponadto cały szereg artykułów okolicznościowych, ruch naukowy, przegląd czasopism, przegląd książek i zapisków.

ADRES REDAKCJI:

PROFESOR DR. B. FULIŃSKI

LWÓW, NABIELAKA 22 — POLITECHNIKA, INST. ZOOLOG.

ADRES ADMINISTRACJI:

KSIĄŻNICA POLSKA T. N. S. W.

LWÓW, UL. CZARNIECKIEGO L. 12.

PRZEDPŁATA PÓŁROCZNA I ROCZNA WYNOŚI KAŻDORAZOWO PIĘCIO- WZGLĘDNIE DZIEŚCIOKROTNĄ CENĘ OSTATNIEGO ZESZYTU, KTÓRY WYSZEDŁ Z DRUKU, Z UWZGLĘDNIENIEM 20% ZNIŻKI.

BIBLIOTEKA „PRZYRODY I TECHNIKI“ T. I.

---

Dr. INŻ. TADEUSZ MALARSKI

# O RADJOTELEGRAFJI



*Malarski*

LWÓW — WARSZAWA

KSIĄŻNICA POLSKA TOWARZYSTWA NAUCZYCIELI SZKÓŁ WYŻSZYCH  
MCMXXIII

Wydawnictwo Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. M. Kopernika.  
Wszelkie prawa zastrzeżone.

## 1. WSTĘP.

W technice przesyłania umówionych znaków na odległość czyli w telegrafii wybijają się na pierwszy plan cztery metody: akustyczna, optyczna i dwie elektryczne, pierwsza zapomocą prądu elektrycznego, przesyłanego przez przewody metaliczne, druga, metoda fal elektromagnetycznych, w której obchodzimy się bez przewodów metalicznych, łączących miejsca porozumiewania się.

Telegrafia akustyczna i optyczna stosowane były od dawien dawna i są jeszcze dziś w użyciu na małą skalę. W pierwszym przypadku przesyła się sygnały zapomocą wystrzałów, dzwonów, gwizdków, w drugim zapomocą chorągiewek, tarcz barwnych, światła. Porozumiewanie się na odległość polega w tych przypadkach na przesyłaniu umówionych znaków, z których składa się litery, słowa, cyfry, liczby i inne znaki pisarskie. Odległość, na jaką można się porozumiewać temi dwiema metodami, jest na ogół niewielka. Wynalezienie lunety (Kepler 1611 r.) dało pewien postęp w zwiększaniu zasięgu telegrafowania zapomocą sygnałów optycznych. Metoda ta była stosowana na większą skalę przed wynalezieniem telegrafu elektrycznego drutowego. Np. we Francji urządzono w r. 1794 połączenie Paryża z Lille na odległość 240 km., obsługując się 22 stacjami pośredniczącymi; w Anglii połączono w r. 1796 Londyn z Dowrem i Portsmouth, a w Niemczech w r. 1882 połączono telegrafem optycznym Berlin z Kolonją. Jeszcze w r. 1872 komunikowały sobie porty angielskie drogą sygnałów optycznych nadciąganie burz.

Początki telegrafji elektrycznej drutowej datują się od czasu odkrycia Oersteda (1819 r.), że prąd elektryczny, płynący przez metaliczny przewodnik, działa na igłę magnetyczną. Uczony francuski Ampère był jednym z pierwszych, który wkrótce po odkryciach Oersteda stosował odchylenia igły magnetycznej pod działaniem prądu elektrycznego do celów sygnalizacji. Drugim odkryciem, które znalazło zastosowanie do tego celu, było odkrycie prądu indukcyjnego przez Faradaya (1831).

Pierwsze doświadczenia z telegrafją drutową na większą skalę wykonywali Gauss i Weber w Getyndze w r. 1833, wymieniając sygnały między instytutem fizycznym i obserwatorjum astronomicznem zapomocą prądu elektrycznego, przesyłanego przez dwa druty miedziane, rozpięte ponad domami miasta. Z początku pracowali oni prądem galwanicznym, później używali do tego celu prądu indukcyjnego. Przesyłanie sygnałów odbywało się w ten sposób, że w instytucie fizycznym zbliżano i oddalano cewkę do magnesu. Prąd indukcyjny, powstający w cewce, biegł po drutach do obserwatorjum i powodował tam odchylenie igły magnetycznej galwanoskopu. Gdy zbliżono w instytucie cewkę do magnesu, wychylała się igła galwanoskopu w obserwatorjum w jedną stronę, gdy oddalano, odchylała się w drugą stronę. Przez kombinację wychyleń w prawo i w lewo układano alfabet i porozumiewano się.

System ten, którego wypracowaniem dla celów praktyki zajął się prof. Steinheil z Monachium (1837 r.), nie utrzymał się jednak. Został on zupełnie wyparty przez system telegrafu, polegającego na zasadzie działania elektromagnesu, a wypracowany przez Amerykanina S. Morse'go. Z doświadczeń Steinheila pozostało jednak ważne odkrycie, że jeden z przewodów metalicznych, łączących miejsca porozumiewania się, można zastąpić ziemią. Odkrycie to jest ważne ze względu na oszczędność materiałów, potrzebnych do założenia przewodów.

Morse, artysta malarz i rzeźbiarz, wracając jesienią 1832 roku z Paryża do Ameryki, spotkał na okręcie Anglika Jack-

sona, który miał elektromagnes i dwa ogniwa galwaniczne. Zainteresowawszy się żywo doświadczeniami, wpada na pomysł użycia elektromagnesu do celów sygnalizacji na odległość. Mimo, że nie fachowiec, miał Morse już w r. 1837 gotowy przyrząd, zmontowany na sztalugach malarskich przy pomocy którego robił w Filadelfji doświadczenia na odległość kilkunastu kilometrów. Przyrząd ten, udoskonalony, wszedł w powszechne użycie, a uzupełniony t.zw. „relais“, wynalezionem przez Cooke'a i Wheatstona (1837 r.), stał się podstawą telegrafu drutowego.

Jakkolwiek telegraf elektryczny drutowy nie jest przedmiotem pracy niniejszej, podajemy tu zasadę działania przyrządu Morse'go i relais ze względu na to, że przyrządy te stosowane były w pierwszych próbach telegrafji bezdrutowej Marconiego. Przyrząd Morsego działa na następującej zasadzie: Prąd elektryczny (zob. fig. 1), dostarczany przez baterję *b*, płynie (przy zamkniętym kluczu *k*) przez zwoje elektromagnesu *e*. Przez czas trwania prądu elektromagnes przyciąga kotwicę *a* z miękkiego żelaza, a kołec *s*, umieszczony

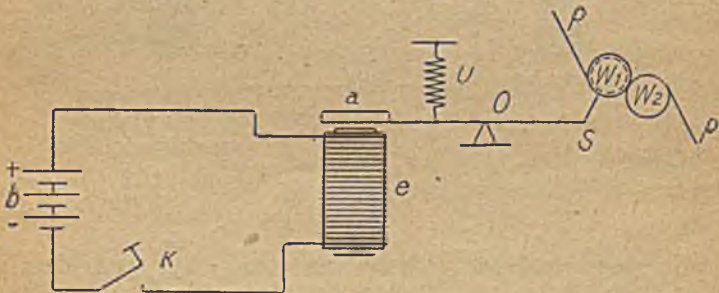


Fig. 1.

na drugim końcu dźwigni, obracalnej koło punktu *o*, rysuje papier *pp*, przesuwany przyrządem zegarowym między wałkami *w<sub>1</sub>* i *w<sub>2</sub>*. Gdy klucz *k* jest otwarty, sprężyna *u* odciąga kotwicę *a* i kołec *s* nie rysuje już papieru. Naciskając klucz *k* przez czas dłuższy lub krótszy w pewnych odstępach czasu, otrzymamy na skrawku papieru krótsze lub dłuższe rysy.

W ten sposób zyskuje się możność przesyłania znaków na odległość, w formie kresek i kropek, z których składa się alfabet, obmyślony przez Morse'go.

Relais stosuje się wtedy, gdy prąd, mający zasilać elektromagnesy przyrządu Morsego (baterję *b* i klucz *k* należy pomyśleć jako znajdujące się w odległej stacji nadawczej, która połączona jest przy pomocy przewodu i ziemi ze stacją odbiorczą, w której znajduje się przyrząd Morsego), jest tak słaby, że nie jest w możności uruchomić mechanizmu tego przyrządu. Ma to miejsce wtedy, gdy przewody mają znaczną długość. Wtedy z powodu wad izolacji i dużego oporu elektrycznego, dochodzi do stacji odbiorczej tylko bardzo słaby prąd, (liczący się na miliampery). Otóż relais jest przyrządem reagującym na tak słabe prądy. Jest to silny elektromagnes (dużo zwojów cienkiego drutu, około 100 lub więcej ohmów na cewkę) z lekką kotwicą i metaliczną dźwignią (zob. fig. 2).

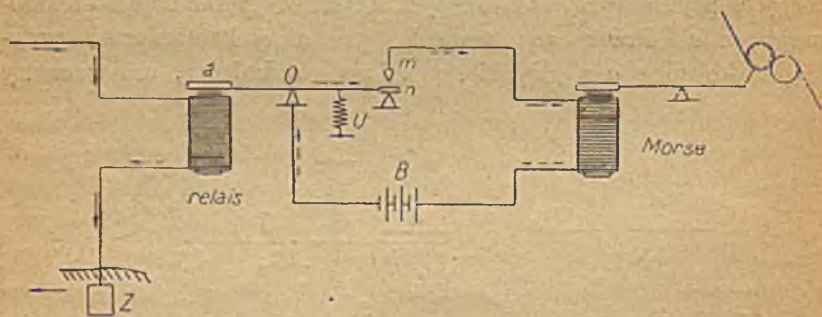


Fig. 2.

Zadanie jego polega jedynie na tem, by pod działaniem słabego prądu z linii zamknął obwód lokalny prądu. Słaby prąd pobudza zatem elektromagnes relais, kotwica *a* zostaje przyciągnięta, języczek *n* dotyka kontaktu *m* i temsamem zostaje zamknięty prąd lokalny z baterji *B*, która uruchomia przyrząd Morsego. Sprężynka *u* służy do tego, by z chwilą ustania prądu, płynącego przez elektromagnes relais, odciągnąć języczek *n* od kontaktu *m* i przerwać w ten sposób prąd płynący z baterji *B* przez przyrząd Morse'go.



Drugim systemem telegrafu, opartego na zasadzie elektrycznej, jest system, w którym przesyła się znaki na odległość zapomocą fal elektromagnetycznych i tym właśnie mamy się tu zająć bardziej wyczerpująco. Podstawę jego stanowi zjawisko oscylacji elektrycznych, i ten fakt, że pewne obwody oscylacyjne promieniują wydatnie energję w przestrzeń pod postacią fal elektromagnetycznych.

## 2. Oscylacje elektryczne. Układy promieniujące energję.

Najprostsze urządzenie, przy pomocy którego można otrzymać oscylacje elektryczne, przedstawia *fig. 3*. Powstawanie oscylacji w takim obwodzie, zawierającym *pojemność elektryczną C* i *samoindukcję L*, przepowiedział W. Thomson (Lord Kelvin) w r. 1853, a jako podstawowy warunek ich powstawania podał:

$$R < 2 \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (1)$$

przyczem *R* oznacza opór obwodu w *ohmach*, *C* pojemność w *faradach*, *L* samoindukcję w *henry*. Doświadczalnie stwierdził istnienie oscylacji i słuszność teorii Kelvina uczony duński W. Feddersen w r. 1857.

Gdy uruchomi się induktor Ruhmkorffa *J*, to ładuje on kondensator *C* do pewnej różnicy potencjałów  $V_0$ , określonej odstępem elektrod iskier-

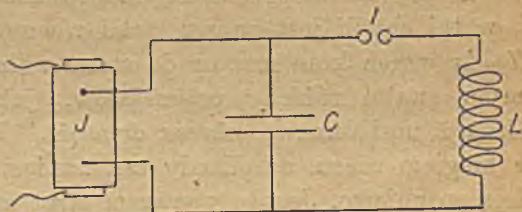


Fig. 3.

nika *i*. Z chwilą przeskoku iskry wyzwalają się w obwodzie *CLC* oscylacje. Oscylacje te zamierają już po bardzo krótkim czasie z powodu strat energii (w powyższym przypadku głównie na ciepło). Tymczasem induktor ładuje po raz drugi kondensator, następuje znowu wyładowanie w postaci iskry i t. d. Każda powstająca iskra wyzwała nowe oscylacje.

O ile chodzi o szczegóły procesu oscylacyjnego, objaśnia rzecz *fig. 4*, na której mamy podane zależności czasowe różnicy potencjałów  $V$  pomiędzy okładkami kondensatora i natężenia prądu  $J$ , płynącego w obwodzie  $CiLC$ . Czas  $t=0$  odpowiada chwili rozpoczęcia się wyładowania kondensatora,

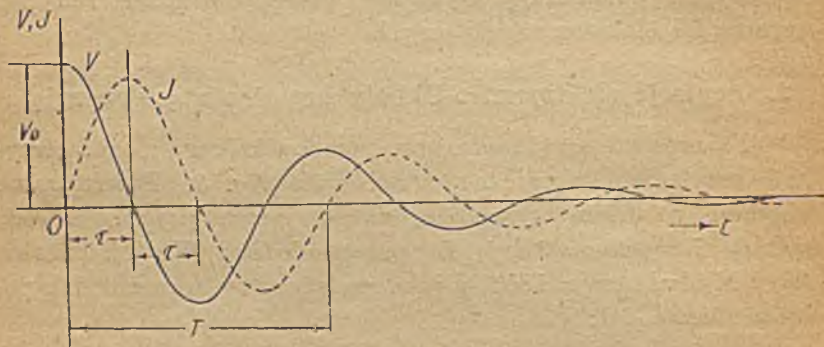


Fig. 4.

mającego różnicę potencjałów  $V_0$ . Po czasie  $\tau$  spada napięcie kondensatora do wartości zero, natomiast prąd osiąga wartość maksymalną  $J_0$ . Po dalszym czasie  $\tau$  ładuje się kondensator na nowo, ale do przeciwnej co do znaku różnicy potencjałów w tej chwili jest znowu prąd równy zero i t. d. Po czasie  $T=4\tau$  wraca kondensator do stanu naładowania, przy tym samym znaku różnicy potencjałów, jaki był w chwili  $t=0$ . Czas  $T$  nosi nazwę *okresu drgania*. Widać też z figury, że z biegiem czasu, amplitudy tak napięcia  $V$  jak i prądu  $J$  maleją stopniowo. Jest to wyrazem strat energii oscylacyjnej, pobudzonej na początku. Nowa iskra wznowia znowu oscylacje, zamierające z biegiem czasu.

Z *fig. 4* wynika jeszcze rzecz następująca: Kondensator, posiadający maksymalną różnicę potencjałów, posiada maximum energii elektrycznej, którą oblicza się przy pomocy wzoru :

$$\frac{CV_0^2}{2} \quad (2)$$

Cewka samoindukcyjna, przez której zwoje płynie prąd maksymalny, posiada znowu najsilniejsze pole magnetyczne o energii:

$$\frac{LJ_0^2}{2} \quad (3)$$

W chwili  $t=0$  jest zatem w układzie taki stan, że cała energia  $\frac{CV_0^2}{2}$  nagromadzona jest na kondensatorze. W cewce  $L$  niema wtedy prądu, energia jej pola magnetycznego jest równa zeru. Po czasie  $\tau$  odwracają się rzeczy. Teraz w kondensatorze niema energii, jest ona natomiast prawie w całości (część bowiem już przeszła na ciepło) w cewce w formie energii magnetycznej jej pola. Po dalszym czasie  $\tau$  jest znowu kondensator naładowany, w cewce niema prądu itd. Energia przelewa się zatem niejako, co czas  $\tau$ , z kondensatora do cewki i na odwrót, przemieniając się w sposób zawrotny z jednej formy w drugą, czyli *oscyluje*. Stąd nazwa procesów i obwodów, w których taki proces zachodzi. Gdyby strat energii nie było (miałoby to miejsce wtedy, gdyby opór ohmowy obwodu był równy zeru), odbywałyby się wiecznie oscylacje raz wzniecone.

Okres drgania  $T$  nauczył nas obliczać Lord Kelvin. Wyprowadził on drogą teoretycznych rozważań, że:

$$T = 2\pi\sqrt{LC}, \quad (4)$$

przyczem  $L$  oznacza samoindukcję,  $C$  pojemność obwodu, w którym odbywają się oscylacje. Aby otrzymać  $T$  w sekundach trzeba wyrazić  $L$  w *henry*,  $C$  w *faradach*. Odwrotność okresu  $T$  daje *częstość drgań*, czyli liczbę oscylacji, przypadającą na jednostkę czasu.

Powróćmy jeszcze na chwilę do spraw związanych z ładowaniem kondensatora elektrycznego. Według poglądu Faradaya, ładowaniu kondensatora towarzyszy wytwarzanie się stanu napięcia elastycznego w *izolatorze* (dielektryku) rozdzielającym jego okładki. Dzieje się tu według teorii tej coś podobnego, jak przy naciąganiu gumy elastycznej. Rozciągając gumę wykonujemy pewną pracę, która nagromadza się w niej w formie energii potencjalnej zmienionego ustroju wewnętrzznego. Gdy po odjęciu sił deformujących pozostawimy

gumę własnym losom, to wróci ona samorzutnie do stanu pierwotnego i odda energję w nią włożoną. Gdy przedstawimy jej pewne opory podczas tego powrotu, będzie ona wykonywać pracę. Będzie można np. podnieść w ten sposób ciężar na pewną wysokość, czyli odzyskać energję, włożoną w rozciąganie gumy. Analogiczne zjawisko mamy przy ładowaniu butelki lejdejskiej. Elektryzowanie butelki do pewnej różnicy potencjałów wymaga nakładu pracy, która nagromadza się w butelce w formie energji elektrycznej. Gdy butelka rozbraja się, oddaje ona tę energję. Otóż według Faradaya, energja elektryczna, nagromadzona na kondensatorze elektrycznym, nagromadzona tu jest w formie napięcia, wytworzonego w izolatorze rozdzielającym jego okładki. Gdy kondensator rozbraja się, znikają napięcia w izolatorze. W butelce lejdejskiej jest izolatorem szkło, w innych kondensatorach ebonit, mika, oleje i t. p., w kondensatorach powietrznych, próżniowych, przyjmuje się jako taki substancję hipotetyczną, t. zw. *eter kosmiczny*.

Gdy weźmiemy kondensator powietrzny płaski, to ładując go elektrycznie pobudzamy napięcia głównie w tej części dielektryka, która jest między okładkami. Tu wciągnięta jest do akcji tylko część dielektryka o objętości:

$$v = S \cdot d, \quad (5)$$

gdzie oznaczają:  $S$  powierzchnię okładki kondensatora,  $d$  odstęp okładek (zob. *fig. 5*\*)

Inaczej przedstawia się sprawa w przypadku kondensatora o okładkach rozchylonych, jak

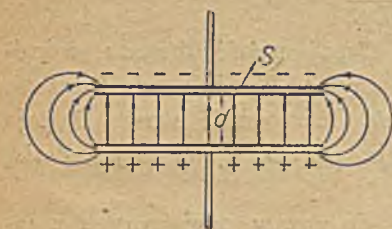


Fig. 5.

Tu przy ładowaniu kondensatora wciąga się do akcji znacznie większą objętość dielektryka i na znaczniejszą odległość.

Pomyślmy teraz dwa obwody oscylacyjne: jeden jak

\*) Linje opatrzone strzałkami tak na tej figurze jak i na następnych, wyobrażają napięcia w dielektryku, przy naładowaniu kondensatora.

na *fig. 7a*, drugi jak na *fig. 7b*. Ponieważ każdy z tych obwodów posiada pewną samoindukcję i pewną pojemność, przeto każdy z nich zdolny będzie do wytwarzania oscylacyj elektrycznych. W czasie odbywania się oscylacji będzie się w każdym z tych układów przelewać energia z formy elektrycznej na energję pola magnetycznego cewki. Różnica będzie tylko ta, że w systemie z *fig. 7a* jest w akcji tylko dielektryk między okładkami, zaś w systemie *7b* jest w akcji dielektryk w częściach leżących daleko od kondensatora. Systemy te różnią się jeszcze tem, że *7a promieniuje energję w ilościach minimalnych*, podczas gdy system *7b promieniuje wydatnie*. O ile chodzi o straty energii oscylującej, układ *7a*

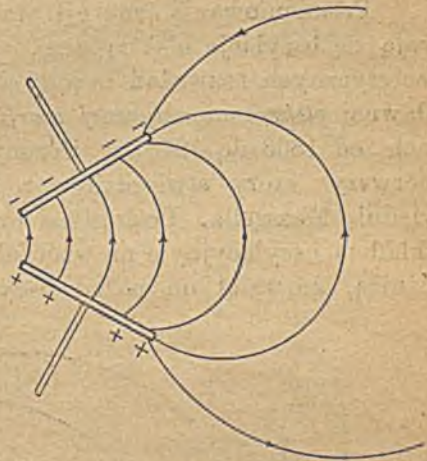


Fig. 6.

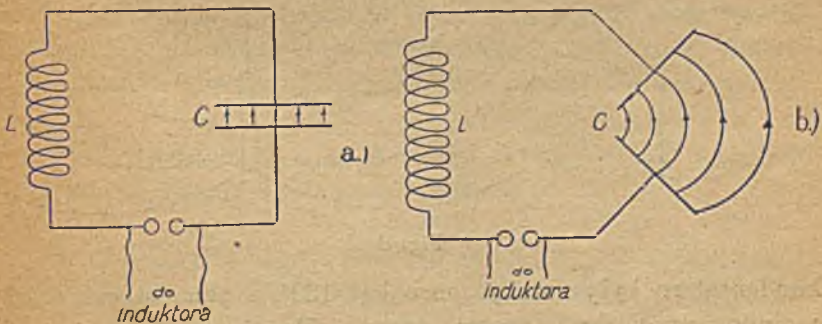


Fig. 7.

traci ją głównie na ciepło, układ *7b* na ciepło i na promieniowanie elektromagnetyczne w przestrzeń. Gdybyśmy mieli zmysł do obserwacji tak długich fal, z jakimi ma się tu do czynienia, możnaby powiedzieć: układ *7a* tracąc wzbudzoną

w nim energję oscylacyjną ogrzewa się przy bardzo słabem świeceniu, natomiast układ 7 b ogrzewa się i nadto świeci wydawnie.

Promieniowanie energii przez układy, w których odbywają się oscylacje elektryczne, przepowiedział na podstawie teoretycznych rozważań uczony angielski C. Maxwell w swej sławnej *elektromagnetycznej teorii światła*, wypracowanej w latach od 1863 do 1873 r. Uczony niemiecki H. Hertz był pierwszy, który stwierdził w r. 1888 doświadczalnie przepowiednię Maxwella. Posługiwał on się w tych doświadczeniach układem oscylacyjnym na wzór układu 7 b, z tą jednak jeszcze różnicą, że wziął on układ oscylacyjny, w którym okładki

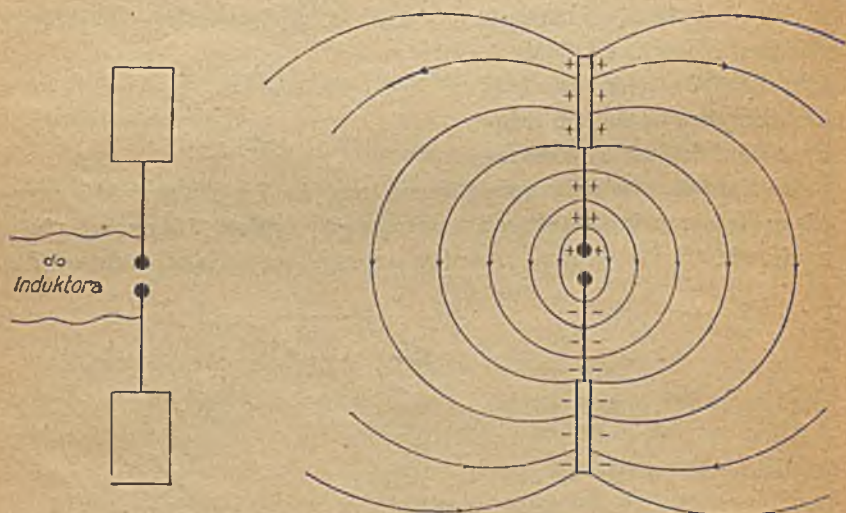


Fig. 8.

kondensatora były rozchylone o kąt  $180^\circ$ , a zamiast cewki samoindukcyjnej brał proste druty. Fig. 8. przedstawia taki t. zw. *otwarty oscylator* Hertza. Oscylator ten posiada oczywiście także pewną pojemność elektryczną i samoindukcję, choć zmniejszone do wartości bardzo małych, a zatem posiada pewien ściśle określony okres drgań, dany wzorem Kelvina (4).

Nadto charakteryzuje się tem, że *promieniuje energję* elektromagnetyczną *bardzo wydatnie w przestrzeń*. Oscylatory tego rodzaju, używane przez Hertza, miały okresy drgań rzędu  $10^{-8}$  sekund i mniej, czyli częstotści drgań od  $10^8$  na sekundę w górę.

### 3. Zjawisko rezonansu elektrycznego. — Koherer. Przyrząd Popowa.

Dalszem bardzo ważnem zjawiskiem dla radjotelegrafji jest *zjawisko rezonansu elektrycznego*. Aby zrozumieć istotę tego zjawiska, pomyślmy dwa obwody elektryczne zdolne do oscylacji: jeden bodźczy o pojemności  $C_1$  i samoindukcji  $L_1$ ,

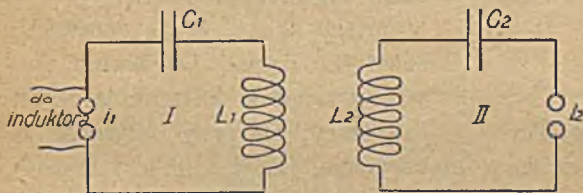


Fig. 9.

drugi, znajdujący się w pobliżu pierwszego, o pojemności  $C_2$  i samoindukcji  $L_2$ . Otóż doświadczenie wykazuje, że oscylacje, wzbudzone w obwodzie I przy pomocy induktora, mogą w pewnych warunkach wymusić drgania oscylacyjne w obwodzie II. Istnienie drgań w obwodzie II poznajemy np. po tem, że między kuleczkami iskiernika  $i_2$  skaczą iskry elektryczne. Obwody I i II posiadają według teorii Kelvina *własne okresy drgań*:

$$T_1 = 2\pi\sqrt{L_1 C_1} \quad \text{i} \quad T_2 = 2\pi\sqrt{L_2 C_2}. \quad (6)$$

Doświadczenie poucza, że iskry skaczą wtedy najsilniej w iskierniku  $i_2$ , gdy spełnia się warunek:

$$L_1 C_1 = L_2 C_2. \quad (7)$$

Powiadamy wtedy, że obwody I i II są w *rezonansie elektrycznym*. Warunkiem rezonansu dwu obwodów, zdolnych do oscylacji, jest zatem równość okresów drgań albo, co na jedno wychodzi, równość *częstotści drgań własnych* obwodów. Mamy tu analogję ze znanem zjawiskiem z akustyki: widelki strojowe, mające częstotść własną drgań  $n$ , odzywają się, gdy umieści się je w pobliżu drugich widełek, drgających z tą samą częstotścią.

Pierwszym, który demonstrował zjawisko rezonansu elektrycznego, w tej formie jak tu opisano, był O. Lodge (1890 r.). Można jednak wywołać rezonans elektryczny między dowolnymi dwoma obwodami, zdolnymi do oscylacji. Na tej zasadzie polegała *metoda* Hertza do wykrywania fal elektromagnetycznych, wysyłanych przez oscylator otwarty. Używał on do tego celu drutu zgiętego w koło, opatrzonego iskiernikiem, który to przyrząd nazwał *rezonatorem*.



Fig. 10.

Drut taki (np. jak na *fig. 10*), posiada pewną pojemność i samoindukcję, zależne od wymiarów, a więc posiada określoną częstość drgań własnych. Gdy dobierze się tak wymiary drutu, że ta częstość równa jest częstości drgań otwartego oscylatora, to wtedy między kuleczkami iskiernika skaczą iskry, ile razy oscylator promieniuje.

Rezonatory elektryczne, jak Lodge'a i Hertza, mają jednak tę wadę, że są za mało czuлыми przyrządami do wykrywania promieniowania elektromagnetycznego w znacznie większych odległościach od oscylatora. Znacznie czulszym przyrządem do tego celu jest *koherer*, wynaleziony w r. 1890 przez uczonego francuskiego E. Branly'ego. Jest to rurka szklana, wypełniona opiłkami metalowymi, umieszczona między dwiema elektrodami, wtopionymi na końcach rurki. Branly odkrył, że przyrząd taki przedstawia znaczny opór dla prądu elektrycznego.

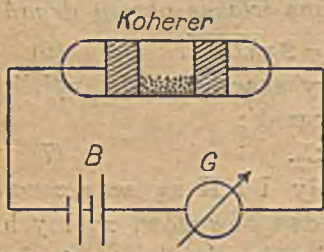


Fig. 11.

Jeśli mianowicie załączy się koherer, tak jak to przedstawiono na *fig. 11*, a więc w obwód baterji *B*, w którym znajduje się galwanometr *G*, to przyrząd ten wykazuje w stanie normalnym tylko słaby prąd. Gdy jednak obok koherera przeskoczy iskra elektryczna, galwanometr

wykazuje gwałtowne odchylenie. Pochodzi to stąd, że opór opiłek zmalał znacznie. Wystarczy jednak wstrząsnąć opiłki,



aby koherer powrócił do pierwotnego stanu wysokiego oporu. Wynika z tego, że urządzenie przedstawione na *fig. 11*, nadaje się do sygnalizowania zaburzeń elektrycznych, odbywających się w otoczeniu. Okazało się następnie, że koherer reaguje także na promieniowanie, wysyłane przez oscylatory elektryczne, i że jest tak czuły, że reaguje na znaczniejsze już odległości.

Jednym z pierwszych urządzeń, w którym koherer znalazł zastosowanie, było urządzenie do sygnalizowania wyładowań elektrycznych, zestawione przez A. Popowa (prof. szkoły marynarskiej w Kronsztadzie) w r. 1895. W przyrządzie Popowa, przedstawionym na *fig. 12*, widzimy długi pionowy

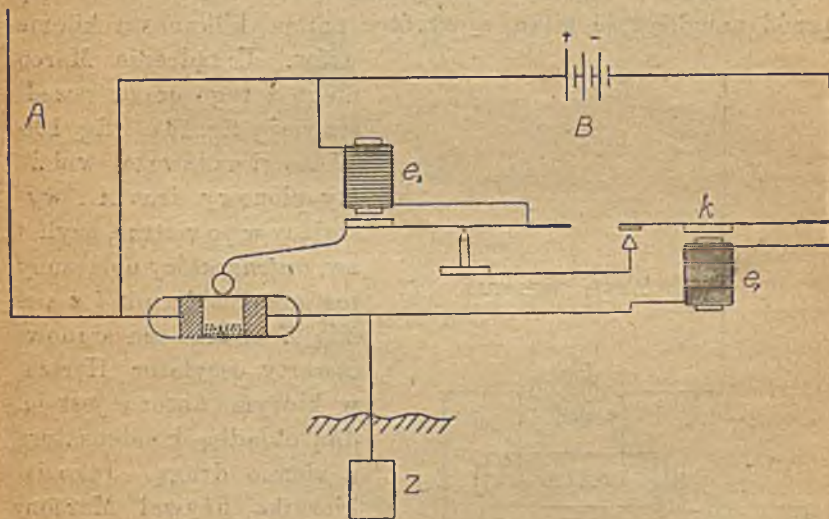


Fig 12.

długość *A*, wystający w powietrze, który połączony jest przez koherer z ziemią *Z*. Równoległe do biegunów koherera załączona jest przez elektromagnes  $e_1$ , bateria *B*. Gdy uderzył piorun w okolicy, opór koherera malał znacznie, bateria *B* pobudzała elektromagnes  $e_1$ , ten przyciągał kotwicę *k*, której języczek załączał prąd przez elektromagnes  $e_2$ , dzwonka elektrycznego. Pałeczka dzwonka wstrząsała równocześnie koherer, wskutek czego opór wracał do pierwotnej wysokiej wartości i kotwica *k* odskakiwała.

#### 4. Pierwsze prace Marconiego.

Taki był stan rzeczy do r. 1896, w którym występuje na widownię G. Marconi. W r. 1895 uczęszczał on, jako 19-letni młodzieniec, na wykłady prof. Righiego o falach Hertza. Zainteresowawszy się żywo temi odkryciami, rozpoczął pracę w tym kierunku i już wkrótce rozwiązał sprawę stosowania fal elektromagnetycznych do przesyłania sygnałów na odległość bez połączenia drutowego. Jednemi z pierwszych doświadczeń, które wykonał przed gronem specjalistów, były doświadczenia wykonane w maju 1897 r. w Anglii, przez kanał Bristol, między Lavernock Point i Flatholm, najprzód na odległość kilku, a wkrótce potem kilkunastu kilometrów. Urządzenie Marconiego z tego czasu przedstawiają fig. 13a. i fig. 13b

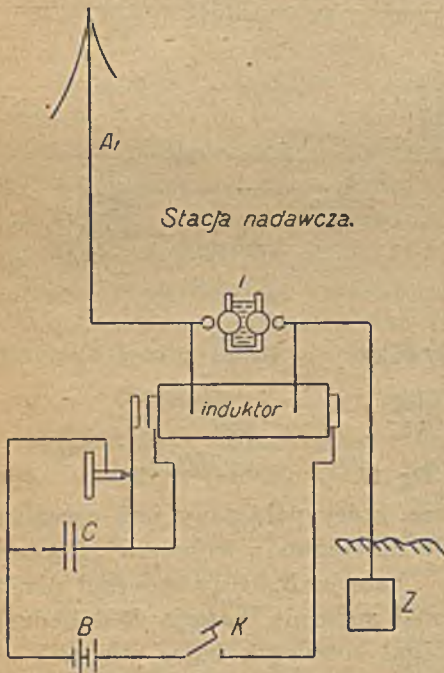


Fig. 13 a.

W stacji nadawczej widzimy pionowy drut  $A_1$ , wystający w powietrze, czyli t. zw. antenę, który połączony jest przez iskiernik  $i$  z ziemią  $Z$ . Układ ten stanowi otwarty oscylator Hertza, w którym antena jest jedną okładką kondensatora a ziemia drugą. Jako iskiernika używał Marconi iskiernika Righiego, składającego się z dwu większych kul metalicznych, oprawionych w naczyniu ebonitowem, wypełnionem naftą lub olejem, naprzeciw których umieszczone są mniejsze kuleczki metaliczne. Zaletą tego iskiernika jest to, że daje on białe, ostre iskry. Tylko takie iskry dają dobre działanie oscyla-

cyjne. Nafta lub olej w iskierniku tego typu, jako ciecz o dość dużych stałych dielektrycznych, sprzyjają powstawaniu isker wymienionego rodzaju. Rozbrojenia ciche, leniwe, świecące fioletowo lub błękitnawo rozbrajają powoli kondensator i wskutek tego nie dają dobrych oscylacyjnych procesów. Do ładowania oscylatora używał Marconi induktora Ruhmkorffa z przerywaczem Neefa i kondensatorem  $C$  dla tłumienia isker

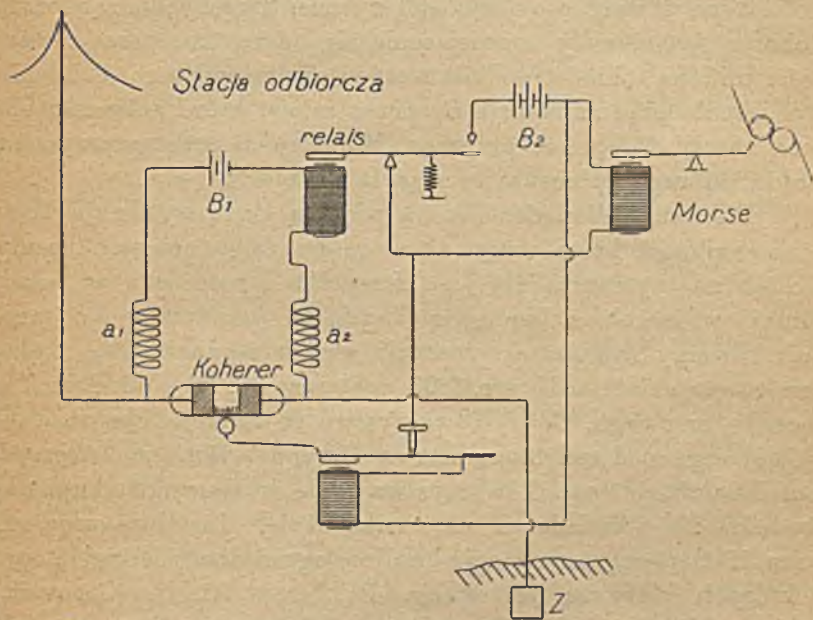


Fig. 13b.

w przerywaczu. Sygnały nadawane były zapomocą klucza  $K$ , który naciskano w pewnych odstępach czasu, na czas krótszy (kropka) lub dłuższy (kreska), według znaków alfabetu Morse'go.

W stacji odbiorczej widzimy urządzenie podobne do urządzenia Popowa\*), zastosowane tu są jednak nadto *relais* i *przy-*

\*) Popow obmyślił współcześnie z Marconim przyrządy do telegrafowania bezdrutowego. W lecie 1897 r. telegrafował na odległość 5 wiorst, w zimie 1899/900 osiągnął odległość 37 mil. Ulepszonymi przyrządami Popowa wyposażone były okręty floty Rozdżestwieńskiego z czasu wojny rosyjsko-japońskiej.

*rząd Morse'go* do automatycznego przyjmowania znaków, wysyłanych ze stacji nadawczej. Jako wskaźnika nadchodzących fal elektromagnetycznych używał Marconi *koherera*, który zawierał około 4% srebra w proszku względnie opilkach niklowo-srebrnych. Koherer miał opór około  $10^6$  ohmów. Gdy na antenę odbiorczą  $A_2$  padło promieniowanie idące od stacji nadawczej, wtedy w obwodzie oscylacyjnym „*antena odbiorcza — ziemia*” pobudzone zostały oscylacje elektryczne. Te przechodząc przez koherer powodowały zmniejszenie się oporu koherera z wartości miliona ohmów do kilkuset. Rezultatem tego działania był impuls prądu z baterji  $B_1$  przez relais, które załączało obwód baterji  $B_2$  przez przyrząd Morse'go i przez przerywacz prądu, którego pałeczka wstrząsała koherer.

Pierwsze doświadczenia na większą skalę wykonuje Marconi środkami, które otrzymał od rządu angielskiego. To mu jednak nie wystarcza dla jego zamysłów i rozmachu w pracy. Skupia więc koło siebie grono ludzi do współpracy i organizuje towarzystwo dla eksploatacji swych wynalazków, które rozpoczęło działalność w r. 1897 pod nazwą „The Wireless Telegraph and Sign. Co”. Towarzystwo to funkcjonuje do dnia dzisiejszego pod zmienioną nazwą *Marconi's Wireless Telegraph Co.* Działalność tego Towarzystwa idzie w kierunku skupienia środków dla doświadczeń na wielką skalę. Instaluje więc, od roku 1900 począwszy, stacje radjotelegraficzne wielkiej mocy, z których pierwszą jest stacja Poldhu w Anglii (Cornvall), a za tą idą: stacja Glace Bay w Ameryce (Nova Scotia), Cape Cod (Massachusetts) koło Nowego Yorku, Clifden w Irlandji i t. d.

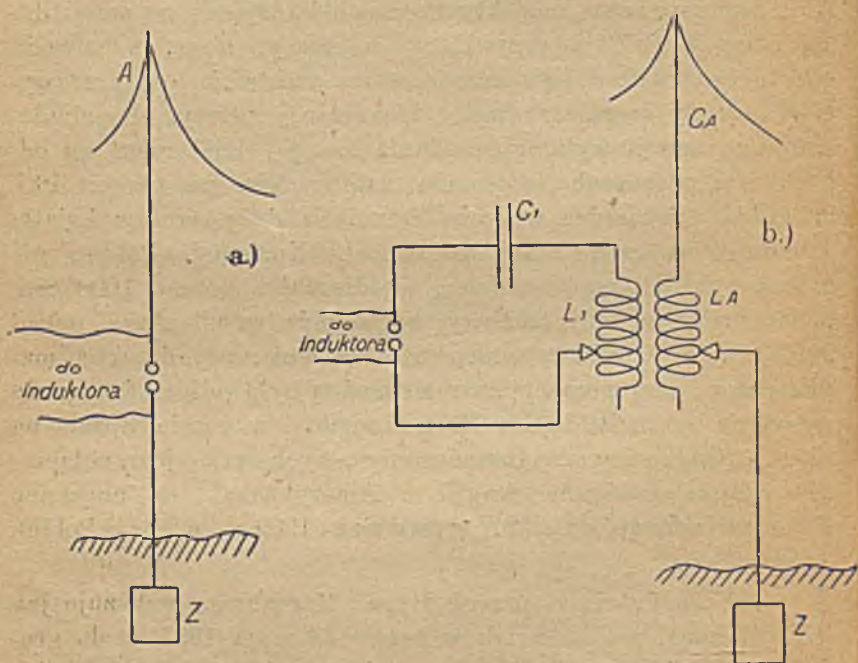
Zyskawszy środki i cały szereg ludzi do współpracy wykonuje Marconi rozliczne doświadczenia, w których stwierdza, że zasięg działania danej stacji nadawczej wzrasta z podwyższeniem masztu, na którym rozpina się sieć antenową i że zależy on od liczby drutów składających się na antenę. Konstatuje też, że na morzu jest zasięg działania znacznie większy niż na lądzie. W miarę nagromadzania się zdobyczy doświadczalnych idą ulepszenia. Już w r. 1898 rozpoczyna Marconi

pracę nad zastosowaniem zjawiska rezonansu elektrycznego w stacji odbiorczej, znanego mu z doświadczeń O. Lodge'a. Za tą pracą idą dalsze. Uzbrojony w doświadczenie wprowadza ulepszenia, które już w początkach r. 1899 pozwalają na telegrafowanie bezdrutowe na odległości liczące się na dziesiątki kilometrów, przy pomocy anten, złożonych z szeregu drutów rozpiętych na masztach do 50 m. W r. 1900, we wrześniu wykonuje doświadczenia nad telegrafją bezdrutową, opartą na zasadzie dostrajania stacji odbiorczej i nadawczej do rezonansu. W r. 1901 opracowuje wraz z fizykiem angielskim J. A. Flemingiem projekty do nowo budującej się stacji dużej mocy w *Poldhu*, przy której to pracy, mają, z powodu zupełnego braku doświadczenia w tej dziedzinie, do przewyżczenia cały szereg trudności technicznej natury. Po zbudowaniu tej stacji wykonuje badania nad jej działaniem na odległość w podróżyach po oceanie Atlantyckim na okręcie Philadelphia. Stwierdza w tych badaniach duży wpływ światła dziennego na zasięg stacji nadawczej. Np. stacji *Poldhu* nie można było odbierać w dzień w odległości ponad 1000 km., podczas gdy w nocy możliwy był odbiór w odległości ponad 2400 km. W r. 1902 wypracowuje Marconi nowy detektor magnetyczny, przy pomocy którego można było odbierać sygnały wysyłane przez *Poldhu* w Kronsztadzie i w porcie Spezia na morzu Śródziemnem. Uwieńczeniem tych prac jest połączenie radjotelegraficzne Anglii z Ameryką, które uzyskano w porze nocnej dnia 21 grudnia 1902 r. między *Poldhu* i Cape Cod.

Już ten króciutki przegląd prac Marconiego wskazuje jak wiele dokonał ten człowiek w czasie od maja 1897 r. do grudnia 1902. Gdy czyta się opisy tych prac i wnika w trudności, jakie były do pokonania, trzeba być z niekłamanym podziwem dla genialności tego człowieka, jego rozmachu w pracy, zdolności organizacyjnych i pokonywania przeciwności.

### 5. System Brauna.

Z współczesnych Marconiemu wymienić należy prace profesorów Brauna i Slaby'ego, z których szczególnie prace Brauna przyczyniły się do istotnego postępu w kierunku zwiększenia zasięgu telegrafowania bezdrutowego. Braun pracował początkowo w Strassburgu (lato 1898 r.), następnie przeniósł swe doświadczenia do Cuxhaven (wiosna 1899 r.) przy ujściu Elby, gdzie telegrafował z dobrymi wynikami na odległość około 30 km. Po wprowadzeniu ulepszeń w stacji



Urządzenie Marconiego.

Urządzenie Brauna.

Fig. 14.

w Cuxhaven, korespondował z nową stacją na wyspie Helgoland na odległość 60 km. W tym to czasie wypracowana została nowa metoda, nosząca jego imię, która zastosowana przez Marconiego przyczyniła się do tegoż sukcesów. W r. 1902 powstaje Braun - Siemens Gesellschaft dla eksploatacji wynalaz-

ków Brauna. Prof. Slaby, uczestnik doświadczeń Marconiego w kanale Bristol, pracował oddzielnie, początkowo sam, później z hr. Arco, inżynierem firmy Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft w Berlinie, która swego czasu budowała przyrządy radjotelegraficzne pod nazwą „system” Slaby - Arco. W r. 1903 nastąpiła fuzja obu wymienionych towarzystw w jedno pod nazwą *Gesellschaft für drathlose Telegraphie*, które wyrabia przyrządy *Telefunken*.

Metoda Brauna polegała na użyciu w stacji nadawczej urządzenia przedstawionego na *fig. 14*, które różni się tem od urządzenia Marconiego, że Braun używa w stacji nadawczej dwu obwodów: *obwodu bodźczego*  $C_1, L_1, i C_1$  z przerwą iskiernikową i obwodu „*antena - cewka samoindukcyjna - ziemia*”, który sprzężony jest z pierwszym indukcyjnie.

Aby porównać system Brauna z systemem Marconiego rozważmy procesy odbywające się przy nadawaniu sygnałów.

W urządzeniu Marconiego induktor ładuje kondensator utworzony przez sieć antenową (względem ziemi) do napięcia przeskoku iskry, poczem kondensator rozbraja się oscylacyjnie, przyczem promieniuje energję w przestrzeń. Jeżeli kondensator jest przed rozbrojeniem naładowany do napięcia  $V_0$  woltów, to przy pojemności  $C$  faradów ( $1 \text{ farad} = 9 \cdot 10^{11} \text{ cm}$ ) posiada on energję elektryczną w ilości:

$$\frac{CV_0^2}{2} \text{ joule'ów}$$

O ile w czasie  $t$  skacze  $N$  iskier, to w tymże czasie wprowadzona zostaje w oscylacje ilość energii:

$$\frac{CV_0^2}{2} \cdot N.$$

Na jednostkę czasu przypada zatem:

$$D = \frac{CV_0^2}{2} \cdot \frac{N}{t} \frac{\text{joule'ów}}{\text{sek}} = \frac{CV_0^2}{2} \cdot n \text{ wattów} \quad (8)$$

gdy oznaczymy  $\frac{N}{t} = n$ . ( $1 \text{ watt} = 10^7 \text{ ergów w sekundzie} = 1 \text{ joule w sekundzie}$ ).

Pionowy drut o długości 70 m posiada pojemność ca 260 cm, napięcie przeskoku iskry przy 15 mm odległości elektrod iskiernika wynosi  $V_0 = 40.000$  woltów. Przyjawszy  $n = 30$  iskier w sekundzie, otrzymujemy:

$$D = \frac{CV_0^2}{2} \cdot n = \frac{1}{2} \cdot \frac{260}{9 \cdot 10^{11}} \cdot (40.000)^2 \cdot 30 = 6.93 \text{ wattów},$$

Stacją takiej mniej więcej mocy telegrafował Marconi na odległość do 100 km. Widać z tego, jak małe ilości energii wystarczają do przewycięzania wielkich już stosunkowo odległości.

Z wzoru na  $D$  widzimy, że istnieją trzy możliwości powiększenia mocy stacji: 1. przez powiększenie pojemności, 2. przez zwiększenie napięcia przeskoku iskry i 3. przez powiększenie sekundowej liczby iskier. W układzie Marconiego można powiększyć pojemność przez powiększenie sieci antenowej. Zysk na pojemności nie stoi jednak w żadnym stosunku do wymiarów, jakie sieć musi otrzymać. Rosną wymiary drutów, powiększa się obciążenie masztu, sieć zajmuje dużą powierzchnię. Zwiększenie napięcia przeskoku iskry jest znowu ograniczone ze względu na izolację sieci. Ponieważ przy zwykłych iskierkach trudno uzyskać większą liczbę iskier dla pracy, jak od 20 do 30, przeto widzimy, że przy stacji jak na *fig. 14a* trudno jest pójść powyżej dzielnosci kilkunastu Wattów.

W układzie Brauna odbywają się procesy w ten sposób, że induktor ładuje kondensator  $C_1$ , który można wziąć o znacznie większej pojemności od pojemności sieci antenowej. Po naładowaniu kondensatora  $C_1$  do napięcia przeskoku iskry  $V_0$  wyzwalają się oscylacje w obwodzie  $L_1 C_1$  i pobudzają oscylacje w obwodzie anteny, dostrojonym do rezonansu z obwodem pierwszym. Dobiera się zatem tak warunki, by:

$$L_A C_A = L_1 C_1. \quad (9)$$

Energja oscylująca w obwodzie zamkniętym promieniuje bardzo słabo, promieniowanie użyteczne dla celów radiotelegraficznych zostaje wysłane przez obficie promieniujący obwód otwarty anteny. Przy metodzie Brauna są jednak oscylacje



w obwodzie anteny znacznie słabiej tłumione jak u Marconiego. Przyczyną tego jest brak iskiernika w obwodzie anteny. Takie *słabo tłumione fale*, wysyłane przez antenę nadawczą są *korzystniejsze dla odbioru od fal gwałtownie zanikających*, jakie dawał układ Marconiego. U Marconiego zanikały oscylacje po 5 do 6 drganiach, podczas gdy u Brauna dopiero po 20 do 30 drganiach.

Przyjąwszy w układzie Brauna  $C_1 = 15\ 000\text{ cm}$ ,  $V_0 = 40.000\text{ woltów}$ , zaś  $n = 30$ , otrzymujemy na moc w obwodzie bodźczym wartość:

$$D' = \frac{CV_0^2}{2} n = \frac{1}{2} \cdot \frac{15000}{9 \cdot 10^{11}} \cdot (40.000)^2 \cdot 30 = 400\text{ wattów.}$$

Gdy przyjmiemy, że z tego przypada na drgania w obwodzie anteny tylko 25%, co jest już bardzo mało, otrzymujemy dla obwodu anteny:

$$D'' = 0.25 \cdot D' = 0.25 \cdot 400 = 100\text{ wattów.}$$

Uzyskuje się zatem przy zastosowaniu układu Brauna znacznie wyższą wartość energii oscylacyjnej w obwodzie anteny a co zatem idzie, znaczne powiększenie zasięgu działania stacji nadawczej.

Zalety metody Brauna wobec starej metody Marconiego streszczają się zatem w następujących punktach: 1. uzyskało się możliwość powiększenia mocy stacji nadawczej przez zastosowanie dużej pojemności w obwodzie bodźczym, 2. przez sprzężenie indukcyjne obwodu oscylacyjnego zamkniętego, w którym oscylują duże ilości energii, z obwodem anteny, dostrojonym do rezonansu, zyskało się znacznie większe ilości energii użytecznej dla przesyłania sygnałów na odległość i 3. zyskało się promieniowanie w znacznie słabiej tłumionych falach, które jest korzystne dla celów odbioru.

## 6. Zjawisko dudnień elektrycznych.

Metoda Brauna ma jednak wadę, która ma swe źródło w zjawisku następującem: Weźmy dwa obwody oscylacyjne dostrojone do tej samej częstości drgań  $\nu_0$ , które sprzężone

są ze sobą indukcyjnie. Gdy pobudzimy obwód *I* (*bodźczy*), to w obwodzie *II* (*indukowanym*) zostaną wzbudzone oscylacje. Oscylacje odbywające się w obwodzie *II* będą jednak oddziaływać na obwód *I*. Rezultatem tego działania jest to, że w obu

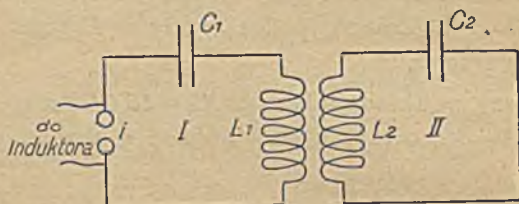


Fig. 15.

obwodach powstają oscylacje o częstościach  $\nu_1$  i  $\nu_2$ , przy czem

$$\nu_1 > \nu_0 > \nu_2,$$

a zatem dwa drgania, z których jedno ma częstość większą, a drugie mniejszą od częstości  $\nu_0$ , do której dostrojono oba obwody przed ich sprzężeniem. Drgania te składają się na pewne drganie wypadkowe, którego przebieg przedstawia *fig. 16*. Zjawisko to nosi nazwę *dudnienia elektrycznego*. Charakteryzuje się ono tem, że z biegiem czasu amplituda drgania periodycznie maleje do minimum i wzrasta do maximum. Zjawisko ma analogję w akustyce. Gdy mianowicie weźmie się dwie pary widełek strojowych, dostrojonych do częstości drgań różniących się niewiele od siebie, to po pobudzeniu obu widełek, słyszy się okresowe wzmaganie się i zanikanie tonu, którego częstość równa jest różnicy częstości drgań składowych. Częstość *dudnień* wynosi zatem:

$$\nu' = \nu_1 - \nu_2 \tag{10}$$

Częstości drgań  $\nu_1$  i  $\nu_2$  zależą od stopnia sprzężenia obwodów *I* i *II*. Gdy obwody nie są za zwięźle sprzężone (cewki  $L_1$  i  $L_2$  nie są blisko siebie), to wtedy częstości  $\nu_1$  i  $\nu_2$  związane są z zasadniczą częstością  $\nu_0$  wzorami:

$$\nu_1 = \frac{\nu_0}{\sqrt{1-k}}, \quad \nu_2 = \frac{\nu_0}{\sqrt{1+k}} \tag{11}$$

przyczem  $k$  jest czynnikiem zależnym od *spółczynnika indukcji wzajemnej* cewek sprzężenia i od samoindukcyj  $L_1$  i  $L_2$  obu obwodów. Przy tych samych  $L_1$  i  $L_2$  można zmieniać  $k$  przez zbliżanie lub oddalanie cewek. Czynniki  $k$  noszący nazwę *stopnia sprzężenia* wynosi w nowoczesnych instalacjach iskrowych od 0·12 do 0·23.

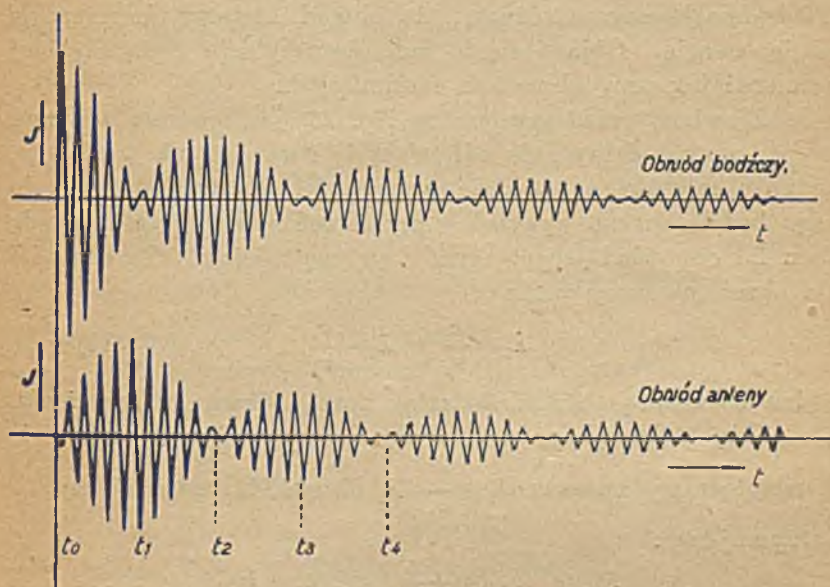


Fig. 16.

Z fig. 16, na której mamy przedstawioną zmianę natężenia prądu w zależności od czasu, widać jeszcze jedną bardzo ważną rzecz. Mianowicie w tych chwilach, w których amplituda natężenia prądu w obwodzie bodźczym jest równa zero, ma ona w obwodzie indukowanym wartość maksymalną i na odwrót. Natężenie prądu płynącego w obwodzie jest jednak wyrazem energii pola magnetycznego cewki. Gdy zatem w obwodzie bodźczym pole zanikło, pojawia się ono w obwodzie indukowanym. Energia oscylacyjna przelewa się zatem perjodycznie z obwodu bodźczego do indukowanego i na odwrót. W chwilach  $t_1, t_3, t_5 \dots$  jest maximum energii w obwodzie indukowanym,

a niema energji w obwodzie bodźczym; w chwilach  $t_0, t_2, t_4, \dots$  jest znowu energja w obwodzie bodźczym, a niema jej w obwodzie indukowanym.

Procesy te, omówione powyżej dla obwodów oscylacyjnych zamkniętych, będą się także odbywać w obwodach urządzenia Brauna, dostrojonych do zasadniczej częstości  $\nu_0$ . Tu będzie jednak ta różnica, że obwód otwarty promieniuje silnie energję. Objawi się to tem, że oscylacje będą szybciej zamierać jak przy obwodach zamkniętych.

Zjawisko przedstawione na *fig. 16* jest jednak efektem wypadkowym, faktycznie odbywają się dwa drgania w antenie, jedno o częstości  $\nu_1$ , drugie o częstości  $\nu_2$ . Odpowiednio do tego będzie antena wysyłać w przestrzeń energję pod postacią dwu fal odpowiadających tym dwu częstościom. Te długości fal określone związkami:

$$\lambda_1 = \frac{c}{\nu_1} \text{ i } \lambda_2 = \frac{c}{\nu_2}, \quad (12)$$

(gdzie  $c$  oznacza chyżość światła), noszą nazwę *fal sprzężenia*.

Gdy podstawimy wartości za  $\nu_1$  i  $\nu_2$  według wzorów (11) i uwzględnimy związek  $\lambda_0 = \frac{c}{\nu_0}$  ( $\lambda_0$  długość fali zasadniczej), to otrzymujemy:

$$\lambda_1 = \frac{c}{\nu_1} = \lambda_0 \sqrt{1-k} = \approx \lambda_0 \left(1 - \frac{k}{2}\right) \quad (13)$$

$$\lambda_2 = \frac{c}{\nu_2} = \lambda_0 \sqrt{1+k} = \approx \lambda_0 \left(1 + \frac{k}{2}\right)$$

Przy pomocy wzorów tych obliczymy fale sprzężenia, jeśli znamy  $\lambda_0$  i współczynnik indukcyjnego sprzężenia obwodów  $k$ .

Przykład:

Przyjmijmy, że w układzie Brauna pojemność kondensatora w obwodzie bodźczym  $C_1 = 15.000 \text{ cm.}$ , samoindukcję zaś nastawiono na wartość  $L_1 = 132.000 \text{ cm.}$  Wartościom tym odpowiada długość fali zasadniczej:

$$\lambda_0 = c T_0 = 2\pi c \sqrt{L_1 C_1},$$

która wyrażona będzie w cm, o ile wyrazimy chyżość światła w cm/sek. ( $3 \cdot 10^{10}$ ),  $L_1$  w henry,  $C_1$  w faradach. Gdy natomiast mamy podane  $L_1$  i  $C_1$  w cm, trzeba je zamienić na powyższe jednostki praktyczne. Ponieważ  $1 \text{ cm (poj. est. cgs)} = \frac{1}{9 \cdot 10^{11}} \text{ fa-}$

$\text{rada}$ , zaś  $1 \text{ cm. (samoind. emg. cgs)} = \frac{1}{10^9} \text{ henry}$ , przeto otrzymujemy:

$$\lambda_0 = 2\pi \cdot \sqrt{L_1 C_1} \text{ cm} \quad (14)$$

gdy  $L_1$  w cm i  $C_1$  w cm. Podstawiając podane wartości wypada fala zasadnicza:

$$\lambda_0 = 2\pi \sqrt{132.000 \times 15.000} \text{ cm} = \approx 2800 \text{ m}$$

Do tej samej długości fali musi być dostrojony obwód otwarty anteny o czynnych: pojemności  $C_A$  i samoindukcji  $L_A$ .

Przyjąwszy, że dany obwód antenowy posiada pojemność czynną  $C_A = 5000$  cm (tyle wypadło z pomiaru), mamy jako warunek rezonansu:

$$\lambda_0 = 2\pi \sqrt{L_A C_A} \quad (15)$$

czyli  $280.000 = 2\pi \cdot \sqrt{L_A \cdot 5000}$ ,

skąd wyliczymy ile ma wynosić  $L_A$ . Otóż w tym przypadku:

$$L_A = \frac{(280.000)^2}{4\pi^2 \cdot 5000} = \approx 397.000 \text{ cm.}$$

Gdy w obwodzie bodźczym pobudzimy oscylacje, powstaną, jak wiemy, dwie fale sprzężenia. Przyjąwszy, że współczynnik sprzężenia wynosi  $k = 0 \cdot 20$ , otrzymujemy na fale sprzężenia wartości:

$$\lambda_1 = \lambda_0 \left(1 - \frac{k}{2}\right) = 2800 \cdot (1 - 0 \cdot 1) = 2520 \text{ m}$$

$$\lambda_2 = \lambda_0 \left(1 + \frac{k}{2}\right) = 2800 \cdot (1 + 0 \cdot 1) = 3080 \text{ m.}$$

## 7. Falomierz. Krzywe rezonansu.

W przytoczonym przykładzie obliczaliśmy  $\lambda_1$  i  $\lambda_2$  z fali zasadniczej i podanego współczynnika  $k$ . Można jednak wykrywać te fale wprost, przy pomocy przyrządu zwanego *falomierzem*. Pierwszymi, którzy używali tego przyrządu byli Ferrié, Fleming, Seibt i inni (od 1902—1906 r.). Udoskonalone falomierze wprowadziły radjotelegrafję na tory racjonalnych badań, usunęły bezplanowe próby. Od czasu sporządzenia poprawnie pod względem fizycznym pracujących falomierzy, zaczyna się *miernictwo radjotelegraficzne*.

Falomierz jest to po prostu znowu obwód oscylacyjny, lecz wyposażony przyrządem do wykazywania oscylacji pobudzonych w jego obwodzie. Fig 17. wskazuje schemat jego urządzenia.

$L$  i  $C$  są tu zmienne\*), cewka  $L'$  służy do sprzęgania obwodu falomierza z jakimś innym obwodem,  $A$  jest przyrządem wskazującym średnią t. zw. *efektywną wartość natężenia prądu* oscylacyjnego, która jest wyrazem energii oscylującej w obwodzie. Przyrządem takim jest np. czuły *amperomierz termiczny*, którego wskazania są pro-

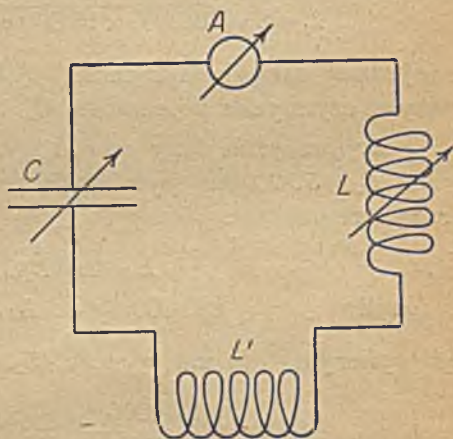


Fig. 17.

porcjonalne do kwadratu wartości efektywnej natężenia prądu.

Gdy sprzęgniemy falomierz z jakimś obwodem, w którym odbywają się oscylacje, a przez odpowiednie dobranie samoindukcji  $L+L'$  i pojemności  $C$  dostroimy go do rezonansu z tym obwodem, to wtedy amperomierz  $A$  wykaże maximum odchylenia.

\*) tę zmienność pojemności i samoindukcji oznaczają strzałki.

Długość fali własnej falomierza wyliczamy przy pomocy wzoru:

$$\lambda = \frac{2\pi}{100} \sqrt{(L+L') \cdot C} \text{ metrów} \quad (16)$$

wyrażając  $L+L'$  w *cm*,  $C$  w *cm*.

Gdy falomierz jest sprzęgnięty dość luźnie z pewnym obwodem, w którym odbywają się oscylacje i bada się zależność  $J_{eff}^2$ , (które odczytujemy wprost na amperomierzu  $A$ ) od długości fali  $\lambda$  falomierza, to dostaje się następującą krzywą (*fig. 18*) zwaną *krzywą rezonansu*. Długość fali własnej falomierza  $\lambda_r$ , przy której amperomierz wykazuje maximum prądu, odpowiada stanowi dostrojenia obu obwodów do rezonansu.

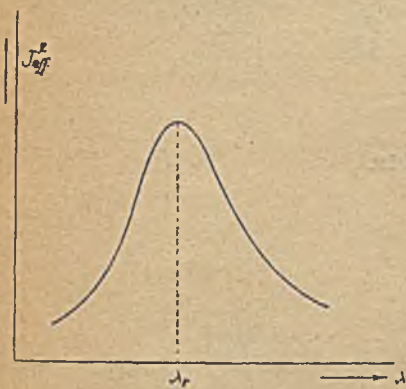


Fig. 18.

fale sprzężenia, będzie można przy ich pomocy obliczyć współczynnik sprzężenia obwodów, przy pomocy wzorów (13), z których otrzymujemy:

$$k = \frac{\lambda_2^2 - \lambda_1^2}{2\lambda_0^2} = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_0^2} \cdot \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} \quad (17)$$

albo przy uwzględnieniu, że z dopuszczalnym przybliżeniem można przyjąć:

$$\frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} = \lambda_0,$$

wzór prostszy:

$$k = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_0} \quad (18)$$

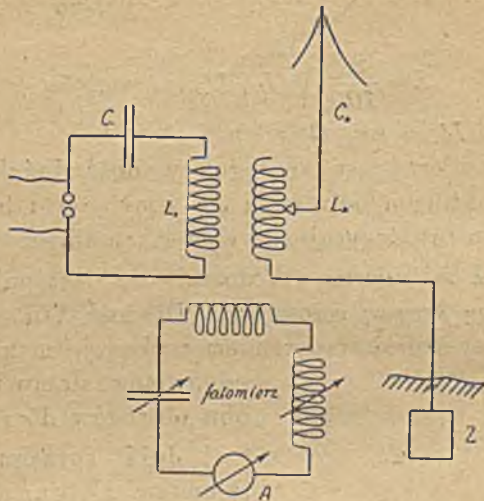


Fig. 19.

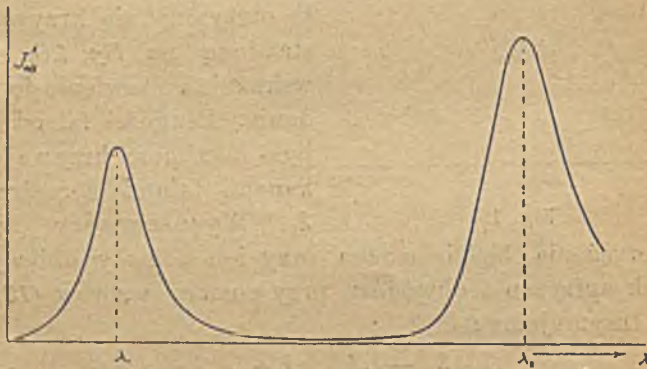


Fig. 20.

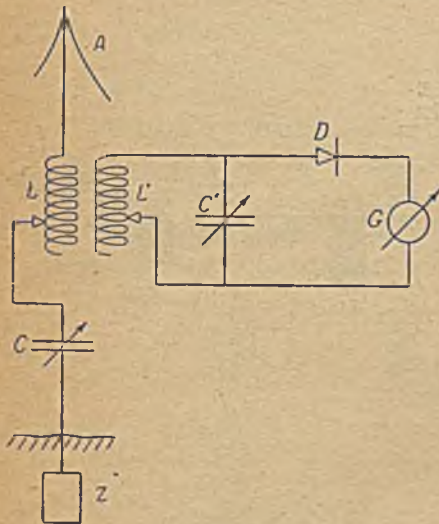
### 8. Urządzenie stacji odbiorczej.

Promieniowanie elektromagnetyczne, wysłane przez stację nadawczą, rozchodzi się pod postacią tych dwu fal na wszystkie strony. Część tej energii przechodzi też przez to miejsce



przestrzeni, w którym, w miejscu stacji odbiorczej, rozpięta jest sieć antenowa tej stacji.

Stacja odbiorcza zbudowana jest na zasadzie dostrajania obwodów odbiorczych do długości fali wysyłanej przez stację emisyjną. Składa się ona z otwartego obwodu odbiorczego *ALCZ*



(*fig. 21*), w który włączone są zmienne: pojemność  $C$  (kondensator obrotowy) i samoindukcja  $L$ . Przez odpowiedni dobór tych dwu wielkości dostraja się obwód anteny do długości fali promieniowania nadchodzącego. Z obwodem tym sprzężony jest t. zw. *obwód wtórny*  $L' C'$ , który dostraja się do tej samej długości fali. Okładki kondensatora  $C'$  są nadto połączone przez przyrząd  $D$  służący do wykrywania oscylacji (pobudzonych przez

*Fig. 21.* nadchodzące fale w obwodzie anteny) i przez przyrząd  $G$  przy pomocy którego obserwujemy (galwanometr, telefon). Opisem przyrządów  $D$  i  $G$  zajmiemy się później.

Zasadę rezonansu między stacjami nadawczą i odbiorczą stosował Marconi z pomyslnymi rezultatami już w r. 1900, używając w tym czasie jeszcze koherera do wykrywania nadchodzących fal. *Fig. 22* wskazuje jedno z jego urządzeń stacji odbiorczej z tego czasu. Obwód oscylacyjny wtórny był utworzony przez cewki  $L'$  i  $L''$ , tudzież przez kondensatory  $C_1$  i  $C_2$ . Koherer  $k$  załączony był celowo między okładkami kondensatora obwodu wtórnego  $L' C_2 L'' C_1 L'$ , w którym pobudzone były oscylacje przez nadchodzące fale. Stwierdzono bowiem doświadczalnie, że koherer odpowiada wtedy najlepiej na działanie promieniowania, gdy pomiędzy jego biegunami zapanuje pe-

wna nie za niska różnica potencjałów. Np. koherer Branly'ego odpowiadał dopiero przy różnicy potencjałów, wynoszącej około 2 Volty. W obwodzie oscylacyjnym występuje maximum napięcia między okładkami kondensatora, tu zatem jest najodpowiedniejsze miejsce dla koherera.

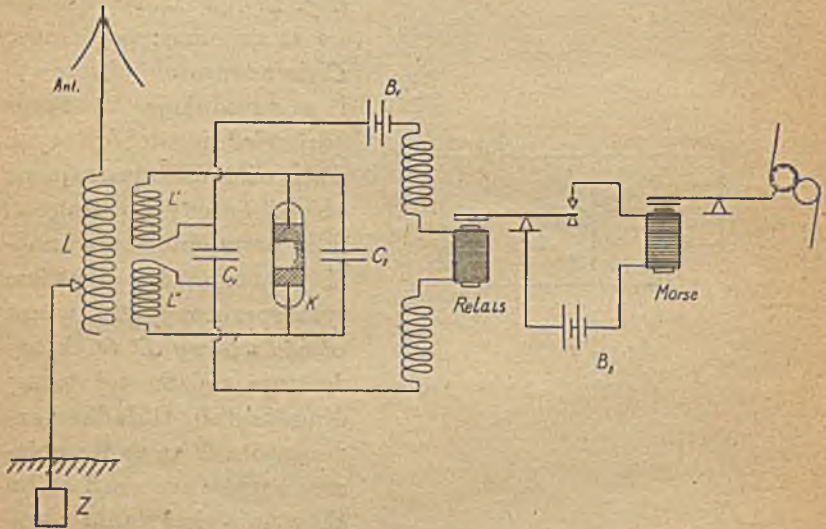


Fig. 22.

### 9. Nowe detektory. Odbiór sygnałów na słuch.

Koherery okazały się jednak niepewnymi przyrządami do ciągłej pracy. Marconi zabrał się do zbudowania lepszego przyrządu. Oparł się on na zasadzie zjawiska obserwowanego około 1826 r. przez J. Henry'ego w Ameryce, które E. Rutherford stosował w Cambridge w r. 1896 do wykrywania fal Hertza. Zjawisko to polega na tem, że, gdy wstawi się do cewki wiązkę cienkich drutów ze stali lub z żelaza namagnesowanego, to, gdy przez cewkę przejdą oscylacje elektryczne, żelazo odmagnesowuje się. Przyrząd Rutherforda dający dobre usługi dla celów naukowych, nie nadawał się do celów telegrafji, bo nie można było przy pomocy niego reprodukować

wać znaków alfabetu. Marconi nadał przyrządowi formę, w której dał on doskonale rezultaty. Przyrząd ten, jak na fig. 23, znany jest pod nazwą *detektora magnetycznego* jego imienia. Składa się on z pewnej liczby równoległych drutów żelaznych średnicy 0.2 mm. złączonych na wzór pasa maszynowego, które przesuwane są przy pomocy dwu kółek drewnianych przez rurkę szklaną, na której nawinięty jest zwój grubego drutu. Cewka ta znajduje się we wnętrzu drugiej o wielu zwojach cienkiego drutu. Cewkę wewnętrzną łączy się z anteną i ziemią, cewkę wtórną z biegunami telefonu. W pobliżu cewek znajdują się dwa trwałe magnesy, które namagnesowują druty znajdujące się koło magnesów. Z powodu histerezy żelaza, drut wydostawszy się z pod działania magnesu

zatrzymuje stan namagnesowania przez krótki czas. Gdy jednak przez cewkę środkową przejdą oscylacje elektryczne, zmienia się położenie obszaru namagnesowania na drucie. Magnetyzm zostaje wyparty do tych miejsc, któreby zajął wtedy, gdyby histerezy nie było. Na skutek tego zmienia się nagle liczba linii magnetycznych, objętych przez cewkę wtórną, i w cewce tej powstaje siła elektromotoryczna induk-

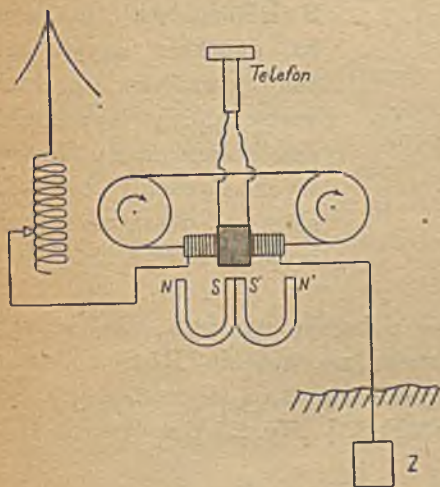
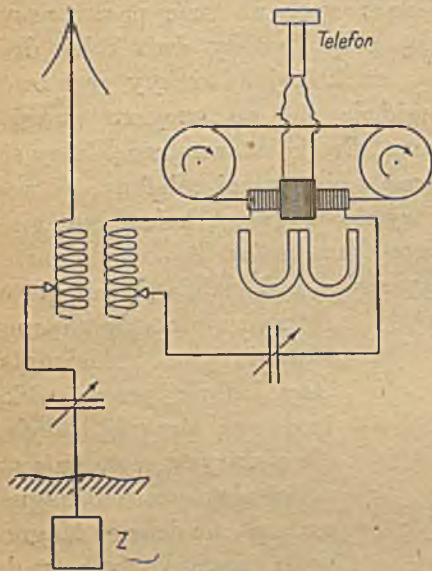


Fig. 23.

cji, a w telefonie trzask. Gdy na antenę odbiorczą padnie grupa fal trwająca przez czas krótszy lub dłuższy, słyszy się w telefonie krócej lub dłużej trwający szmer i tak można odbierać znaki Morse'go.

Wynalezienie detektora magnetycznego uprościło znacznie stację odbiorczą, odpadły wszystkie części ruchome często zawodzących mechanizmów, a nadto przyrząd Morse'go zo-

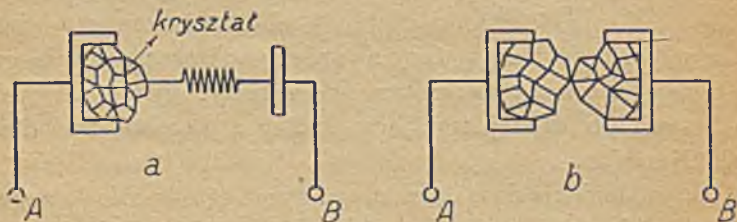
stał zastąpiony telefonem. Telegramy odbiera się tu na słuch. *Fig. 23* przedstawia już całą stację odbiorczą. W stacji z dostrajaniem obwodów załącza się detektor magnetyczny tak jak wskazuje *fig. 24*.



*Fig. 24.*

Lata od 1903 do 1907 przyniosły nowe czułe detektory, z pośród których wymieniamy: *detektor gazowy* (Fleming, de Forest), *detektor krystaliczny* (Braun, Pickard) i *detektor elektrolityczny* (Ferrié, Fessenden, Schlömilch). Opiszemy tu detektor krystaliczny jako powszechnie dziś używany; przy sposobności omawiania lamp katodowych powiemy też kilka słów o detektorze gazowym.

Detektory krystaliczne polegają na tem, że kryształ styka się z ostrzem metalicznym [np. galenit ( $PbS$ ) z ostrzem miedzianem] albo też dwa kryształy stykają się ze sobą [np. cynkit ( $ZnO$ ) z chalkopirytem ( $CuFeS_2$ )]. *Fig. 25* przedstawia takie zestawienia.



*Fig. 25.*

Detektory te charakteryzują się tem, że jeśli przyłożą się do ich biegunów pewną różnicę potencjałów, to przepuszczają one w jednym kierunku znacznie silniejszy prąd niż

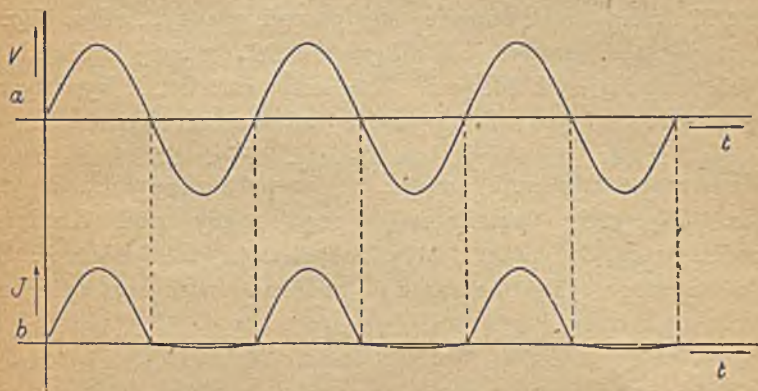


Fig. 26.

w drugim, np. przy różnicy potencjałów 4 Voltów może taki detektor przepuścić 100 razy silniejszy prąd w jednym kierunku niż w drugim.

Jeżeli przyłożą się do punktów *A* i *B* przemiennej różnicy potencjałów (Fig. 26a) to daje ona po przez detektor prąd jak na fig. 26b. Mamy zatem działanie, opisane powyżej.

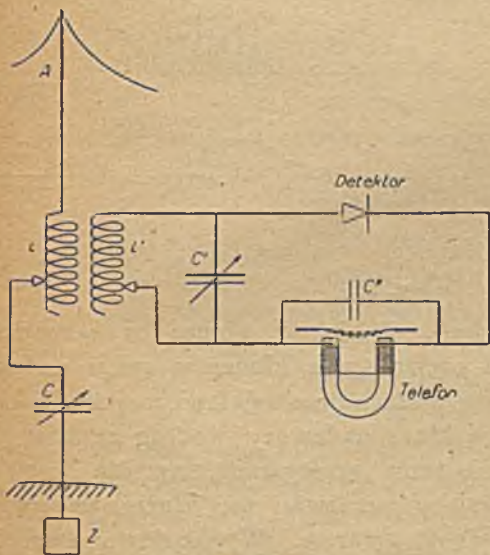


Fig. 27.

Detektor krystaliczny załącza się w stacji odbiorczej według schematu przedstawionego na fig. 27. Działa on tu w ten sposób, że pod działaniem przemiennego

napięcia, panującego przemijająco między okładkami kondensatora  $C'$ , przepuszcza prąd tylko w jednym kierunku. Te jednostronne pulsacje prądu o wysokiej częstotliwości ładują kondensator  $C''$ , który wyładowuje się powoli przez telefon. *Fig. 28* ilustruje stan rzeczy. Na diagramie *28a* mamy wahanie napięcia między okładkami kondensatora  $C''$ , wywoływane przez nadchodzące fale, które wzrasta i zamiera z częstotliwością iskieł w stacji nadawczej. *Fig. 28b* przedstawia jednostronne pulsacje prądu, przepuszczone przez detektor. *Fig. 28c* przedstawia prąd idący pod działaniem kondensatora  $C''$  przez zwoje słuchawki telefonicznej. Wynika z tego, że membrana telefonu zostanie tyle razy

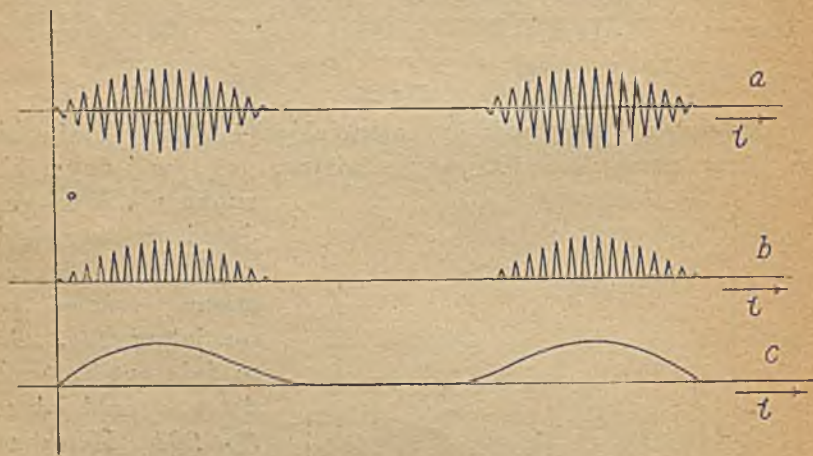


Fig. 28.

przyciągnięta w sekundzie, ile iskieł skacze w sekundzie w stacji nadawczej. Za naciśnięciem klucza w stacji nadawczej usłyszymy zatem ton w słuchawce telefonicznej stacji odbiorczej. Gdy naciska się klucz nadawczy według znaków alfabetu Morse'go słyszy się tony przerywane, np. dla litery *g* (— — .): ton dłużej trwający, przerwa, ton dłużej trwający, przerwa, ton krócej trwający, przerwa. Wysokość tonu zależy od częstotliwości iskieł w stacji nadawczej.

## 10. Iskierniki dające dużą liczbę iskier. Urządzenie nowoczesnej stacji nadawczej.

Dalszy postęp w radjotelegrafji stanowi wynalezienie nowych iskierników. Tu znowu był pierwszym Marconi. W początkowych doświadczeniach używane były iskierniki z elektrodami kulistymi, z wypolerowanego metalu (zwykle cynkowe, choć używano też miedzianych i mosiężnych). Aby jednak iskry dawały dobre oscylacje, trzeba było powierzchnie metali polerować, gdyż czerniały i stawały się porowate. Trzeba też było starannie nastawiać odstęp między elektrodami, bo za długie iskry dawały duży opór, szybko tłumiący oscylacje. Gdy elektrody były za blisko, była znowu tendencja do tworzenia

się łuku elektrycznego, co jest niekorzystne, gdyż łuk, zwierając okładki kondensatora, nie pozwala na wytworzenie się oscylacji. W pierwszych latach zwalczano te trudności przez zanurzanie iskierników do izolujących cieczy (nafta, oleje), przy wysokich znowu napięciach stosowano po kilka przerw iskrowych ze sobą. Nowe znaczne trudności powstały, gdy zaczęto pracować większemi energjami. Trudności te przyszło w pierwszym rzędzie pokonać Marconiemu przy instalacjach stacji o wielkiej mocy. Rozwiązał on sprawę w sposób nadzwyczajnie prosty. Zastosował mianowicie *iskiernik rotujący* (patent z r. 1907). Jest to krążek z izolatora (np. z ebonitu)

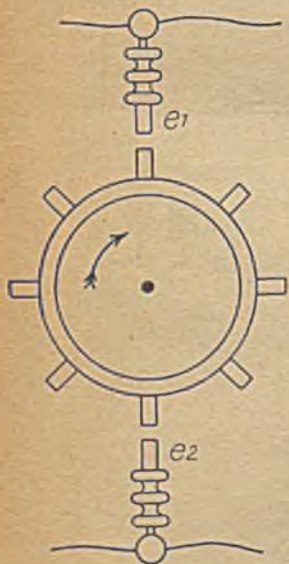


Fig. 29.

osadzonego na osi, obracany jednostajnie motorkiem. Na obwodzie tego krążka znajduje się metalowa opaska, opatrzona pewną liczbą zębów, które przesuwiają się w czasie obrotu pod elektrodami  $e_1$  i  $e_2$ . Fig. 29 daje obraz takiego iskiernika, który może być stosowany od najmniejszych do największych mocy.

Aby przedstawić działanie tego iskiernika, pomyślmy go w zestawieniu jak na *fig. 30*, przedstawiającem nowoczesną stację radjotelegraficzną nadawczą.  $G$  oznacza tu generator prądu przemiennego, o frekwencji kilkuset okresów na sekundę (zwykle 500). Generator ten ma w swym obwodzie opór ohmowy  $R$ , cewkę pierwszorzędną transformatora  $T$  i klucz nadawczy  $K$ . Cewka wtórna transformatora (np. 220 Voltów na 30.000 Voltów) włączona jest w obwód  $T D_1 C_1 L_1 D_2 T$ , w którym  $D_1$  i  $D_2$  są cewkami dławikowymi, zabezpieczającymi transformator przed prądami wysokiej częstotliwości, które przebiegają w obwodzie  $C_1 L_1 e_2 J e_1 C_1$ .

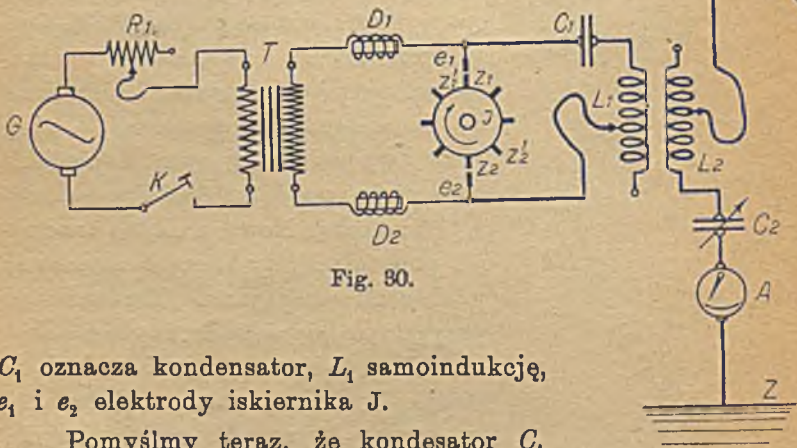


Fig. 30.

$C_1$  oznacza kondensator,  $L_1$  samoindukcję,  $e_1$  i  $e_2$  elektrody iskiernika  $J$ .

Pomyślmy teraz, że kondensator  $C_1$  wyładowuje się w chwili, gdy zęby  $z_1$  i  $z_2$  krążka są w położeniach najbliższych elektrod  $e_1$  i  $e_2$ . Gdyby się krążek  $J$  nie obracał, wtedy otrzymalibyśmy w obwodzie bodźczym  $C_1 L_1 e_2 z_2 J z_1 e_1 C_1$  i antenowym procesy, jak na *fig. 16*. Krążek  $J$  obraca się jednak i obraca z taką chyżością, że wtedy, gdy natężenie prądu w obwodzie bodźczym spadnie do minimum *krzywej dudnienia*, zęby krążka oddaliły się na taką już odległość, że prąd w obwodzie bodźczym zostaje nagle



przerwany\*). Jest to właśnie ta chwila, w której cała energia oscylacyjna przelała się z obwodu bodźczego do antenowego. Na skutek przerwania prądu w obwodzie bodźczym (a więc przerwania obwodu, który był zamknięty iskrą), energia nie może się już cofnąć z obwodu antenowego do bodźczego, jak to było w przypadku zwykłego iskiernika o stałych elektrodach, ale musi pozostać w obwodzie antenowym. Tu drga ona teraz samodzielnie z *częstotliwością własną* tego obwodu. Tymczasem zbliża się druga para zębów  $z'_1$  i  $z'_2$  do elektrod  $e_1$  i  $e_2$ ,

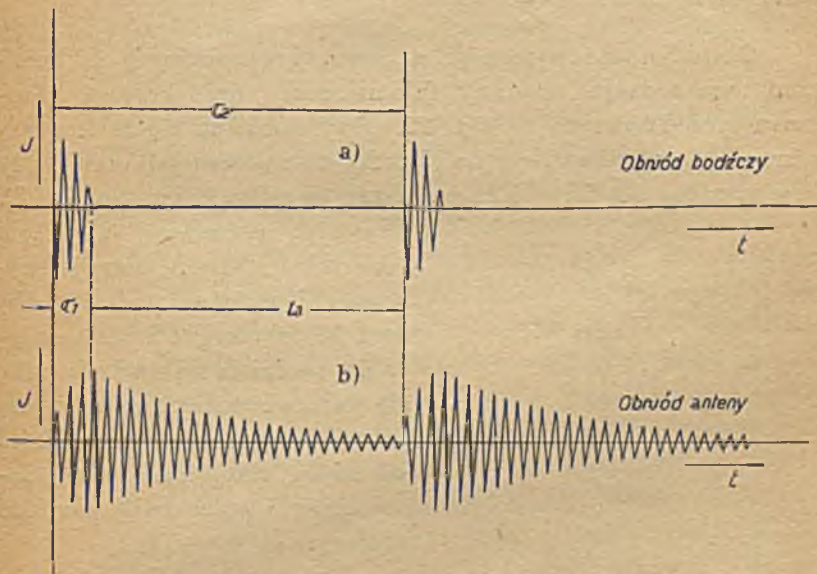


Fig. 31.

następuje znowu rozbrojenie kondensatora  $C_1$  (który tymczasem był ładowany przez transformator  $T$ ), czyli tem samym wyswobodzenie się oscylacji i pojawienie zjawiska dudnienia. I znowu w chwili minimum prądu w obwodzie bodźczym iskiernik przerywa prąd i proces powtarza się. *Fig. 31* przed-

\*) Ściśle biorąc, jest to idealne przedstawienie rzeczy, zbliżone do rzeczywistości. Efekt opisany daje iskiernik M. Więna, którym nie można się tu zająć z powodu szczupłego zakresu pracy niniejszej.

stawia procesy zachodzące w obu obwodach przy użyciu tak działających iskierników. Jak widać z górnego wykresu, po czasie  $\tau_1$  następuje przerwanie oscylacji w obwodzie bodźczym. Równocześnie, jak to widać z wykresu dolnego, nagromadzone jest maksimum energii w obwodzie antenowym, która przez czas  $\tau_3$  zanika wskutek strat na ciepło, promieniowanie w przestrzeń etc. Po upływie czasu  $\tau_2$  występuje druga iskra po dalszym czasie  $\tau_2$  trzecia i t. d. Czasowi  $\tau_3$  odpowiada drganie energii w antenie z jej własną częstotliwością  $\nu_0$  czyli z długością fali  $\lambda_0 = \frac{c}{\nu_0}$ .

Obwód antenowy stacji nadawczej, pracującej iskiernikami tego rodzaju, badany falomierzem, daje krzywą rezonansu, przedstawioną na *fig. 32*. Gdy porówna się tę krzywą z krzywą, przedstawioną na *fig. 20*, to podczas gdy tam były dwa maxima dla fal  $\lambda_1$  i  $\lambda_2$ , tu mamy je tylko jedno dla fali  $\lambda_0$ .

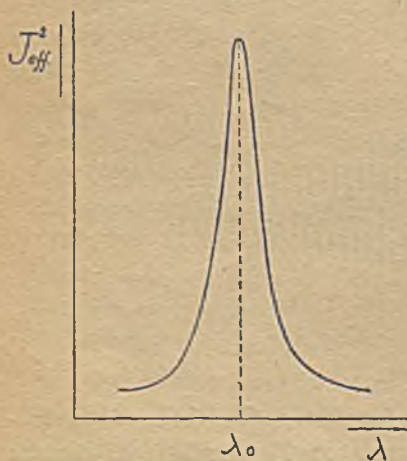


Fig. 32.

W stacji, pracującej zwykłym iskiernikiem, była energia wypromieniowywana pod postacią dwu fal, tu energia promieniująca nie rozdziela się na dwie fale, ale cała skoncentrowała się na jednej fali, przez co powiększa się zasięg stacji nadawczej danej mocy i polepszają warunki odbioru.

Drugą zaletą iskiernika rotacyjnego i innych nowoczesnych jest to, że dają one dużą sekundową liczbę iskiek. Przykład liczbowy niech pouczy o znaczeniu tego.

Przyjąwszy, że pojemność w obwodzie bodźczym wynosi  $C_1 = 15.000 \text{ cm}$ , napięcie przeskoku iskry  $V_0 = 40.000 \text{ woltów}$ , liczba iskiek 1000 na sekundę, otrzymujemy na moc w obwodzie bodźczym wartość:

$$D' = \frac{CV_0^2}{2} n = \frac{1}{4} \cdot \frac{15.000}{9.10^{11}} \cdot (40.000)^2 \cdot 1000 = \approx 13.500 \text{ wattów,}$$

a w obwodzie antenowym, przy 50% stosunku transformacji, który normalnie ma miejsce:

$$D'' = 0.50 D' = 0.50 \cdot 13.500 = 6.650 \text{ wattów.}$$

Wystarczy porównać ten wynik z wynikami poprzednimi, by ocenić znaczenie dużych częstotliwości iskier dla zwiększenia zasięgu telegrafowania.

### 11. Dalsze szczegóły. Telefon. Znaczenie tonu muzycznego dla odbioru sygnałów.

Przyjmijmy, że cewka pierwszorzędna transformatora  $T$  na *fig. 30* załączona jest w obwód generatora  $G$ , który daje przemienne napięcie o częstotliwości 500 okresów na sekundę. W stacjach, wyposażonych iskiernikiem rotacyjnym, jest zwykle tarcza obrotowa tego iskiernika osadzona na osi obrotu generatora, w celu zsynchronizowania liczby obrotów iskiernika z liczbą obrotów generatora. Iskiernikowi daje się liczbę zębów równą liczbie biegunów magnetycznych generatora. Transformator  $T$  dostarcza prądu o tej samej częstotliwości co alternator  $G$ , tylko o wyższym napięciu. Prąd ten ładuje kondensator  $C_1$ . Położenie elektrod  $e_1$  i  $e_2$  dobiera się tak, że wtedy, gdy zęby tarczy obrotowej iskiernika znajdują się pod elektrodami, między okładkami kondensatora panuje maximum napięcia przemiennego. *Fig. 33* przedstawia przebieg tego napięcia w zależności od czasu. O ile odstęp zębów od elektrod  $e_1$  i  $e_2$  jest tak wielki, że odpowiada mu napięcie przeskoku iskry równe amplitudzie tego napięcia, to kondensator wyładowuje się w chwilach  $t_1, t_2, t_3 \dots$ . Wyładowanie, wzbudzające oscylacje w obwodzie bodźczym, nastąpi dwa razy na każdy okres. Ponieważ zaś napięcie jest 500-okresowe, będzie 1000 wyładowań na sekundę. Wyładowania te następują tylko wtedy, gdy transformator dostarcza prądu, a zatem tylko wtedy, gdy naciśnięty jest klucz  $K$  w stacji nadawczej. Przez czas naci-

śnięcia klucza, antena wysyła w przestrzeń ciągi słabo tłumionych fal, o częstotliwości 1000 na sekundę (vide *fig. 31*). Powolne zanikanie energii w promieniującym obwodzie antenowym jest korzystne z tego powodu dla celu odbioru sygnałów, bo drgania takie, dochodząc do stacji odbiorczej, dostrojonej do długości fali stacji nadawczej, mają czas rozbujać

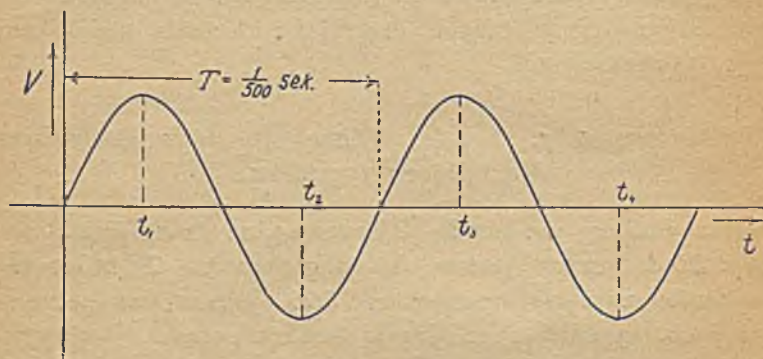


Fig. 33.

przez rezonans większą ilość energii oscylującej w jej obwodzie antenowym. Podobnie wahadło, otrzymujące impulsy w tempie drgań własnych, rozbuja się tem silniej, im dłuższy jest czas, przez który te impulsy trwają.

A teraz jeszcze kilka słów o telefonie i znaczeniu tonu muzycznego dla techniki odbioru sygnałów.

Telefon jest nadzwyczaj czułym przyrządem z powodu wielkiej wrażliwości ucha ludzkiego i dlatego też jest bardzo ważnym przyrządem w radjotelegrafji. Pozwala on na wykrywanie na słuch prądów liczących się na milionowe części ampera. Jest też rzeczą bardzo ważną, że czułość telefonu zależy w wysokim stopniu od częstotliwości prądu płynącego przez zwoje słuchawki. Okazało się mianowicie, że prąd o częstotności około 1000 daje ten sam efekt w telefonie, co prąd kilkaset razy silniejszy o częstotności kilkaset lub kilka tysięcy. Częstotść około 1000 jest zatem najkorzystniejsza. Tem tłumaczy się prawie powszechne używanie w radjotelegrafji iskrowej częstotści

iskier około 1000 na sekundę. W tych warunkach daje stacja nadawcza danej mocy największy zasięg.

Ta częstość 1000 ma jednak jeszcze jedną zaletę, daje mianowicie dość wysoki ton muzyczny, wybijający się ponad nisko tonowe szmery. Jest to bardzo ważny czynnik dla praktyki. Antena stacji odbiorczej rozpięta jest normalnie na dość znacznej wysokości nad ziemią i przez to znajduje się w polu elektrycznym o znacznym spadku potencjału. W tych warunkach odbywają się wyładowania elektryczne idące od anteny do ziemi. Wyładowania te słyszy się w słuchawce jako nisko-tonowe trzaski, szmery, syki, zmienne z czasem co do jakości i natężenia. Czasem występują one dość łagodnie, czasem, zwłaszcza przed burzą w porze letniej, występują bardzo silnie. Przy nisko unoszących się chmurach bywają one krótkotrwałe, często słyszy się je, jako syk. Pomyślmy teraz, że w takich warunkach mamy odbierać telegram, nadawany przez stację o małej częstości iskier. Słyszy się wtedy znaki Morse'go w formie przerywanych niskich szmerów lub niskich tonów. Te zlewają się z tonami od wyładowań atmosferycznych; słyszy się, że telegram jest nadawany a nie można go odebrać. W takich warunkach korespondencja jest nadzwyczajnie uciążliwa, denerwująca i niepewna. Powstają w telegramach zniekształcenia, trzeba je więc powtarzać, nieraz po kilka razy, co pociąga za sobą koszta i niepotrzebną stratę czasu.

Gdy stacja pracuje dużą częstością iskier, sprawa się znacznie polepsza. Wysoki ton wybija się ponad szmery wyładowań atmosferycznych, odbiór staje się znacznie pewniejszy. Co więcej, w przypadku pracy większej liczby stacji nadawczych, pracujących różnemi tonami, można po tonach odróżnić poszczególne stacje i odbierać stację wybraną nawet wtedy, gdy pracuje ona długością fali prawie równą długości fali innej stacji.

## 12. Różne formy sieci antenowych.

Już przy omawianiu początkowych doświadczeń Marconiego zaznaczyliśmy, że odkrył on, iż korzystne było używanie wysokich masztów, na których rozpinano, jako antenę,

sieć złożoną z wielu drutów. Z biegiem czasu wytworzyły się pewne określone formy sieci antenowych, z których wymieniamy tu niektóre częściej używane.

1. *Antena linjowa Marconiego* używana przez niego w pierwszych doświadczeniach pod postacią pojedynczego pionowo zawieszono izolowanego drutu, znajduje dziś zastosowanie tylko w wyjątkowych przypadkach (np. przy balonach, aeroplanach). (Zob. *fig. 34a*).

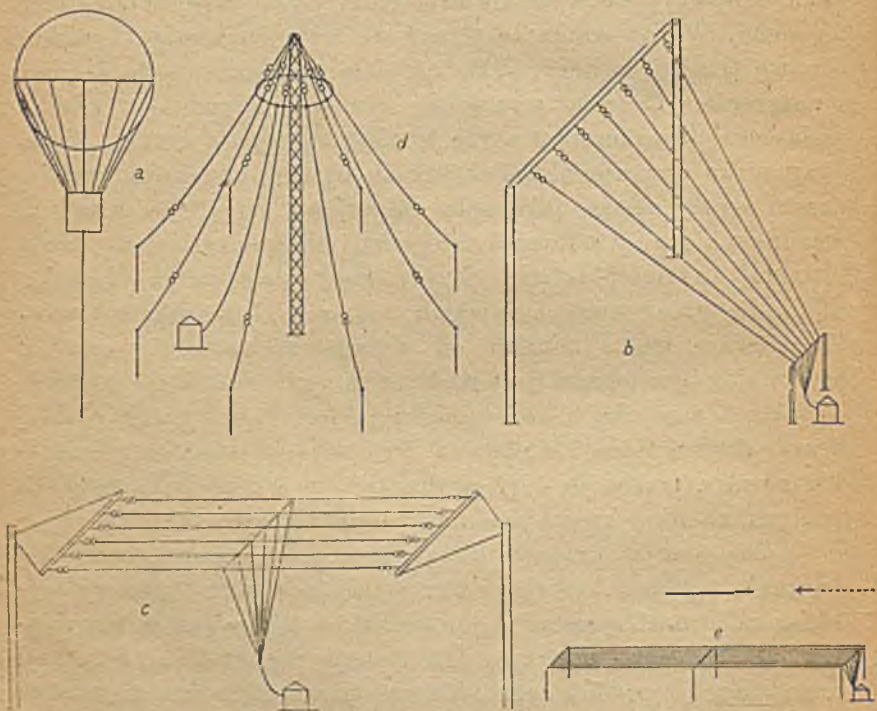


Fig 34.

2. *Antena harfowa* (*Fig. 34b*). 3. *Antena w kształcie litery T* (*Fig. 34c*. Używana na okrętach). 4. *Antena parasolowa* (*Fig. 34d*).

Poszczególne druty sieci są ze sobą połączone i jako całość odizolowane od ziemi. Taką odizolowaną sieć łączy się przewodem z cewką samoindukcyjną, której drugi koniec po-

łączony jest z ziemią. (Zob. *fig. 30*). Można też łączyć drugi koniec cewki przez kondensator do ziemi (zob. *fig. 27*) albo połączyć go wprost z ziemią, a kondensator dać równoległe do cewki. O ile chce się używać tej samej sieci dla nadawania i odbioru, wtedy na czas nadawania załącza się sieć do aparatury nadawczej, przy wyłączonej aparaturze odbiorczej i odwrotnie.

Wspominamy tu jeszcze o t. zw. *antenie kierunkowej Marconiego*, która używana jest w stacjach wielkiej mocy dla korespondencji na wielkie odległości. Składa się ona z szeregu poziomych równoległych drutów, które zebrane na jednym końcu łączy się z aparaturą nadawczą lub odbiorczą. (Zob. *fig. 34e*) Antena taka użyta dla celu emisji promieniuje przeważnie w kierunku wskazanym przez pełną strzałkę, użyta do odbioru, odbiera najlepiej z kierunku wskazanego strzałką kręgowaną.

W wielkich stacjach nadawczych rozpina się sieć na masztach wysokich do 250 *m*. W mniejszych na masztach kilkunastu do kilkadziesiąt metrów. Do odbioru nie są potrzebne wysokie maszty.

### 13. Różne systemy iskrowe.

Taki byłby w ogólnych zarysach stan techniki radjotelegraficznej przy pomocy systemów iskrowych, do czasu prawie bezpośrednio poprzedzającego wybuch wielkiej wojny. Postępy, jakie poczyniono, dzielą się na dwie części: na ulepszenia w stacji nadawczej i na ulepszenia w stacji odbiorczej. Ulepszenia w stacji nadawczej polegają: 1. na wprowadzeniu obwodu bodźczego z iskiernikiem i dużą pojemnością, który sprzężono indukcyjnie z obwodem antenowym, 2. na użyciu iskierników dających dużą liczbę iskier w sekundzie i przerywających automatycznie oscylacje w obwodzie bodźczym z chwilą pierwszego nagromadzenia się energii w obwodzie antenowym, i 3. na dostrojeniu obwodów oscylacyjnych do rezonansu. Istota ulepszeń w stacji odbiorczej polega znowu: 1. na zastosowaniu rezonansu między stacją nadawczą i od-

biorcza, 2. na wynalezieniu nowych czułych detektorów, 3. na usunięciu detektora o dużym oporze z obwodu anteny i przeniesieniu go do t. zw. obwodu wtórnego, sprzężonego z obwodem anteny, 4. na zbudowaniu dla celów radjotelegrafji specjalnych bardzo czułych słuchawek telefonicznych, o znacznej liczbie zwojów (opór 2000 do 4000 ohmów), posiadających membranę dostrojoną do częstości iskier w stacji nadawczej i 5. na doborze takiej częstości iskier w stacji nadawczej, by odbiór mógł się odbywać w dość wysokim tonie muzycznym.

W poprzednich ustępach przedstawiliśmy w krótkości rozwój radjotelegrafji przy pomocy systemów iskrowych, uwzględniając przedewszystkiem prace Marconiego. Nie znaczy to jednak, byśmy chcieli przemilczeć zasługi innych w tej dziedzinie. Trudno jednak w tym szkicu oddać każdemu co należy. To, że przytaczaliśmy w większości przypadków prace Marconiego jest rzeczą naturalną, gdyż jemu właśnie zawdzięcza się w tym kierunku najwięcej, zwłaszcza jeśli chodzi o okres początkowy. Aby jednak nie przemilczać nazwisk mężów wybitnie zasłużonych około radjotelegrafji wyliczymy niektóre z nich przy sposobności zestawienia ważniejszych systemów radjotelegraficznych i towarzystw, które około eksploatacji ich wynalazków pracowały lub pracują. Obok tych istnieje cały szereg innych, często bezimiennych, współpracowników najrozmaitszych firm prywatnych lub zakładów państwowych.

Otóż prócz systemu Marconiego, fabrykowanego przez Marconi's Wireless Telegraph Co. i jego filje, rozrzucone po wszystkich państwach świata, wymieniamy jeszcze następujące :

1. System Telefunken, Gesellschaft für drathlose Telegraphie w Berlinie (Braun, M. Wien, Rendahl, hr. Arco i wielu innych) z filjami w Ameryce Płn. i Płd., w Australji, Chinach etc.

2. System R. A. Fessendena (National Electric Sign. Co w Waszyngtonie).

3. System Lodge-Muirhead (Lodge-Muirhead Syndicat Ltd. w Londynie).



4. System de Foresta (de Forest Radio Telephone and Telegr. Co. w Nowym Yorku).

5. System armji i marynarki państwa francuskiego (Férré, Brenot i inni).

6. System Compagnie Générale de Télégraphie sans fil w Paryżu.

7. System marynarki Stanów Zjednoczonych Ameryki Półn. itd.

Ogólnie biorąc pracują wszystkie te systemy na zasadzie wyłożonej powyżej, różnią się jedynie w pewnych szczegółach połączeń i w sposobie wykonania aparatury.

Fabryki radjotelegraficzne budują stacje iskrowe o najrozmaitszych mocach, od małych typów aeroplanowych, okrętowych i wojskowych stacji polowych (od kilkuset watów do mniej więcej 3—5 kilowatów) do stałych stacji, przeznaczonych do korespondencji na wielkie odległości (połączenia metropolji z kolonjami, kolonji między sobą, korespondencja transoceaniczna i t. p.) liczących się na dziesiątki i setki kilowatów.

Aby dać pewien obraz rozpowszechnienia stacji systemów iskrowych i ich rozkładu po świecie, przytaczamy co następuje:

Stacje Marconiego znajdują się we wszystkich państwach świata i na okrętach marynarek. Z większych przytaczamy: Bolinas w Kalifornji i Kahuku na wyspach Hawajskich (po 300 *kw.*); Clifden w Irlandji i Glace Bay w Ameryce (Nova Scotia) po 150 *kw.*; we Włoszech były do niedawna wyłącznie stacje Marconiego, z większych Coltano koło Pizy, Rzym; w Hiszpanji Madryt; w Rosji Moskwa, Petersburg; w Rumunji Bukareszt; w Ameryce Płd. Punta Arenas nad cieśniną Magellana (100 *kw.*); dalej Gibraltar, Malta, Aleksandrya, Aden, stacje w Indjach angielskich, na półwyspie Malajskim, w Australji. Stacjami tego systemu wyposażono okręty niemieckie: Amerika, Blücher, Deutschland, Graf Waldersee itd.

Bardzo rozpowszechnione są także stacje systemu Telefunken. Stacjami wielkiej mocy tego typu są: Nauen koło Berlina (350 *kw.*), w b. koloniach niemieckich: Kamina (250 *kw.*), w Togo w Afryce nad zatoką Gwinejską 5400 *km* od Nauen, Windhuk w pld. zach. Afryce (ponad 9000 *km* od Nauen), Tabora w Afryce wschod. (6700 *km* od Nauen); stacje tego systemu są dalej: w Konstantynopolu, Funabashi koło Tokio w Japonji (200 *kw.*), Babylonji i Cobras w Brazylji i t. d. Stacje tego systemu znajdujemy też na okrętach wojennych i handlowych wielu państw.

Stacjami iskrowemi systemu Fessendena (rotacyjny iskiernik) wyposażono: Stacje Brant Rock (St. Zjedn. Ameryki Póln., Massachusetts) i Machrihanish w Szkocji (odległa 4800 *km* od Brant Rock), stację marynarki St. Zjedn. Ameryki Póln. Arlington (100 *kw.*) koło Waszyngtonu. Francja posiada stacje iskrowe: w Paryżu na wieży Eiffa (założona w r. 1903, obecnie 300 *kw.*), w Ouessant na oceanie Atlantyckim u wylotu kanału La Manche, w Saintes-Maries de la Mer, w Marsylji, Fort de l'Eau w Algerze, w Colomb Béchar koło Fezu w Marocco, Dakar w Afryce zachodniej itd. System Lodge Muirhead posiadają stacje Parkeston Quay w Anglji, w Bombay (Indje angielskie), Tobago i Trinidad w Indjach zachodnich i t. d. W Polsce mamy trzy stacje iskrowe o zasięgu ponad 1000 *km.* w Warszawie, w Poznaniu i Toruniu.

#### 14. Systemy radjotelegraficzne dające fale niezanikające.

Prócz systemów iskrowych mamy jeszcze cały szereg systemów, które nie pracują przy pomocy iskier. Należą do nich w pierwszym rzędzie:

1. *System elektrycznego łuku świetlnego*, oparty na zasadzie śpiewającej lampy łukowej (Duddell 1900 r.), wypracowany dla celów radjotelegrafji przez inż. duńskiego V. Poulsen a (1905 r.).

2. T. zw. *maszyny wysokich częstości* [Fessenden-Alexander 1904 do 1906 r., Goldschmidt 1908 do 1911, Latour i Béthenod (1904—1916 r.)] przy pomocy których wytwarza się prądy o częstościach liczących się na dziesiątki tysięcy okresów w sekundzie.

3. T. zw. *nieruchome transformatory częstości* (Epstein 1902 r., Joly-Vallauri 1910 do 1911 r., hr. Arco - Telefunken 1913 r.).

#### 4. *Generatory lampkowe.*

Szczegółowem opisywaniem tych systemów nie możemy się tu zajmować, gdyż zajęłoby to za dużo miejsca. Przedstawimy tylko rzecz najistotniejszą, mianowicie różnicę między oscylacjami wytwarzanymi przez te systemy a oscylacjami wytwarzanymi przez stacje iskrowe i omówimy sprawę od-

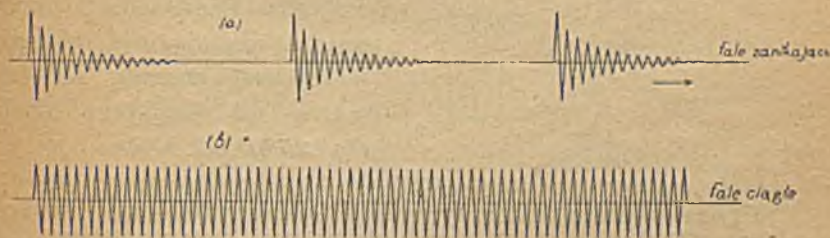


Fig. 35.

biuru fal elektromagnetycznych, wysyłanych przez antenę nadawczą, zasilaną przy pomocy wymienionych powyżej generatorów.

Otóż, ta różnica polega na tem, że stacje radjotelegraficzne pracujące przy pomocy iskier, dają ciągi fal zanikające z biegiem czasu i powtarzające się z częstością iskier, podczas gdy wymienione tu systemy dają fale idące nieprzerwanie, ze stałą amplitudą, czyli dają t. zw. *fale ciągłe*. Fig. 35 przedstawia te dwa rodzaje fal.

Aby dać przykład operacji przy nadawaniu i odbiorze telegramów za pomocą stacji pracującej falami ciągłymi (niezaniakającymi) weźmy łatwy do zrozumienia uproszczony schemat połączeń, przedstawiony na *fig. 36*. *M* oznacza tu ma-

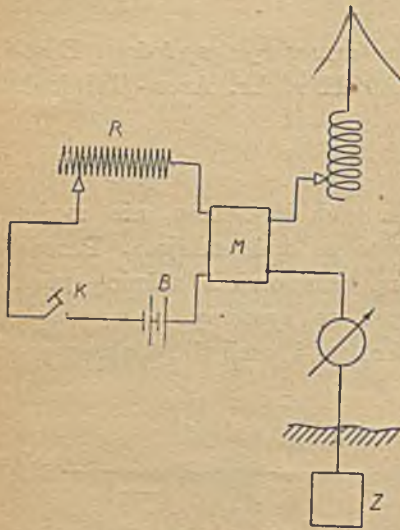


Fig. 36.

szynę wysokich częstości, której układ połączeń wewnętrznych połączony jest z jednej strony z siecią antenową, z drugiej zaś z ziemią. Bateria *B* służy do pobudzania maszyny. Gdy naciśniemy klucz nadawczy *K*, maszyna daje prąd wysokiej częstości, który ładuje obwód oscylacyjny otwarty: *antena — maszyna — ziemia*. Podczas naciśnięcia klucza antena promieniuje energję elektromagnetyczną pod postacią fal ciągłych. (Zob. *fig. 35 b*).

Chodzi teraz o odbiór sygnałów nadawanych przy pomocy fal ciągłych. Gdy nadawano je przy pomocy stacji iskrowej o dużej częstości iskier, słychoć było, jak już wiemy, podczas naciśnięcia klucza w stacji nadawczej ton, który urywał się z podniesieniem klucza. Ton ten powstawał tam dzięki temu, że podczas naciśnięcia klucza szły ciągi fal, zamierające z częstością iskier. Tu, przez cały czas naciśnięcia klucza, idą nieprzerwanie fale o stałej amplitudzie. Detektor stacji odbiorczej przepuszcza nieustannie wiele setek tysięcy jednostronnych impulsów prądu co sekundę. Impulsy te nie dadzą głosu w telefonie, gdyż membrana jest za bezwładna, by mogła odpowiedzieć na tak częste impulsy.

Aby mózdz odbierać na słuch sygnały nadawane temi falami, użył Poulsen następującego sposobu: Włączył w obwód

stacji odbiorczej automatyczny przerywacz prądu, dający sekundową liczbę przerw rzędu drgań głosowych *n*. p. kilkaset na sekundę. Przerywaczem takim może być np. zwykły przerywacz Neefa, który załącza się w stacji odbiorczej według *fig. 37*. Jak długo języczek *n* nie dotyka kontaktu *m*, w obwodzie wtórnym  $L' C'$

nagromadza się energia aż do nastania stanu równowagi. Stan ten określa stosunek ilości energii, którą obwód  $L' C'$  w jednostce czasu otrzymuje od anteny do tej ilości energii, którą on traci na ciepło Joule'a i promieniowanie lokalne. Gdy języczek *n* dotknie kontaktu *m* zostaje do obwodu oscylacyjnego dołączony kondensator  $C''$ . Na skutek tego: 1. energia nagromadzona na kondensatorze  $C'$  spływa w części na kondensator  $C''$  i 2. obwód oscylacyjny  $L' C'$  zostaje wytrącony z rezonansu i chłonie znacznie słabiej energję z obwodu anteny. Gdy języczek *n* odskoczy od kontaktu *m*, energia nagromadza się znowu wydatnie w obwodzie  $L' C'$ . Jeżeli przerywacz drga z częstością np. 600 na sekundę, tyleż razy powtarza się proces. Odpowiednio do tego kondensator  $C''$  zostaje gwałtownie naładowany 600 razy na sekundę i tyle razy wyładowuje się przez zwoje słuchawki. Wyładowania te są jednak nieregularne, gdyż kondensator  $C''$  wyładowuje się przy różnych wartościach różnicy potencjałów panującej między jego okładkami. Przez zwoje słuchawki płyną zatem prądy o różnych natężeniach i dlatego

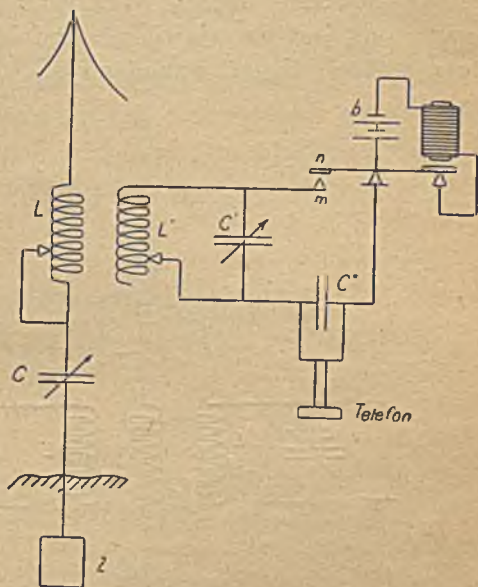


Fig.37.

W tym celu w obwodzie wtórnym  $L' C'$  jest zamontowany przerywacz Neefa, który załącza się w stacji odbiorczej według *fig. 37*. Jak długo języczek *n* nie dotyka kontaktu *m*, w obwodzie wtórnym  $L' C'$  nagromadza się energia aż do nastania stanu równowagi. Stan ten określa stosunek ilości energii, którą obwód  $L' C'$  w jednostce czasu otrzymuje od anteny do tej ilości energii, którą on traci na ciepło Joule'a i promieniowanie lokalne. Gdy języczek *n* dotknie kontaktu *m* zostaje do obwodu oscylacyjnego dołączony kondensator  $C''$ . Na skutek tego: 1. energia nagromadzona na kondensatorze  $C'$  spływa w części na kondensator  $C''$  i 2. obwód oscylacyjny  $L' C'$  zostaje wytrącony z rezonansu i chłonie znacznie słabiej energję z obwodu anteny. Gdy języczek *n* odskoczy od kontaktu *m*, energia nagromadza się znowu wydatnie w obwodzie  $L' C'$ . Jeżeli przerywacz drga z częstością np. 600 na sekundę, tyleż razy powtarza się proces. Odpowiednio do tego kondensator  $C''$  zostaje gwałtownie naładowany 600 razy na sekundę i tyle razy wyładowuje się przez zwoje słuchawki. Wyładowania te są jednak nieregularne, gdyż kondensator  $C''$  wyładowuje się przy różnych wartościach różnicy potencjałów panującej między jego okładkami. Przez zwoje słuchawki płyną zatem prądy o różnych natężeniach i dlatego

słyszysz się tu dla kresek i kropek alfabetu Morsego nie tony o określonej wysokości, ale szmery. Kresce odpowiada szmer dłużej trwający, kropce szmer krócej trwający. Przyrządy działające na tej zasadzie noszą nazwę *tikkerów*.

W czasach nowszych stosuje się do odbioru fal ciągłych metodę znacznie lepszą, obmyśloną przez Fessendena. Oparta ona jest na zjawisku dudnień, które otrzymuje się przez złożenie drgań wzbudzonych w antenie odbiorczej przez

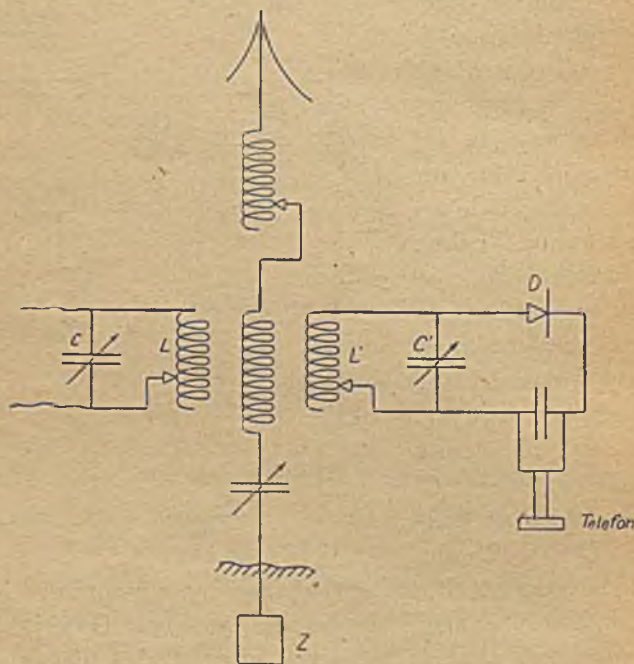


Fig. 38.

fale nadchodzące, z drganiami wytworzonymi lokalnie w stacji odbiorczej przy pomocy np. małego generatora łukowego lub generatora lampkowego. Jeśli drgania lokalne dobrać się tak, by ich częstość była niewiele różna od drgań wzbudzonych przez fale nadchodzące, to otrzymuje się jako drganie wypadkowe *dudnienia*, o częstości równej różnicy drgań składowych.

Gdy np. fale nadchodzące wzbudzają w antenie drgania o częstości  $\nu_1 = 100.000$  (czyli  $\lambda_1 = 3000$  m), a generator lokalny daje drgania o częstości  $\nu_2 = 101.000$  w sek. (czyli  $\lambda_2 = 2970$  m) to dudnienia mają częstość  $\nu_2 - \nu_1 = 1000$  na sek. *Fig. 38* przedstawia zestawienie do tego t. zw. *heterodynowego odbioru fal*. Oscylacje wytworzone przez lokalny generator w obwodzie *CL* pobudzają w obwodzie anteny drgania ( $\nu_1$ ), które składają się z drganiami ( $\nu_2$ ) pobudzonemi tu przez nadchodzące fale. Na *fig. 39* mamy przedstawione procesy odbywające się w obwodach odbiorczych. *Fig. 39a* podaje nagromadzenie się energii w obwodzie *L' C'*. *Fig. 39b* przedstawia jednostronne impulsy

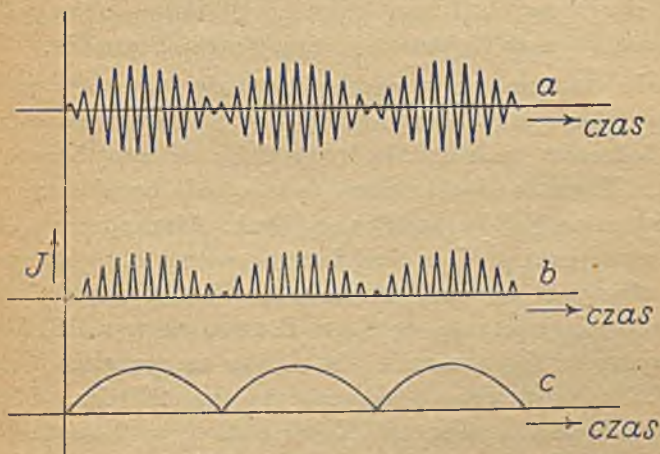


Fig. 39.

prądu przepuszczonego przez detektor, *fig. 39c* impulsy prądu płynącego przez zwoje słuchawki, które w naszym przykładzie idą z częstością 1000 na sek., co odpowiada, jak już wiemy, dość wysokiemu tonowi. Jeśli się zważy, że częstość dudnień można zmieniać przy pomocy kondensatora *C*, widzimy, że przez wysłuchanie można dobrać taki ton, by był najlepszy dla odbioru.

Na zakończenie ustępu o stacjach pracujących falami niezaniikającymi podajemy jeszcze pewne interesujące dane:

1. Pierwszą stację nadawczą opartą na zasadzie łuku elektrycznego zbudował, jak już mówiliśmy, Poulsen. Miała

ona moc kilkuset watów. Dziś buduje się je na moce kilkuset *kw.* i więcej. Fabrykują je między innymi firmy: duńska Det Continental Syndicat w Kopenhadze, C. Lorenz A. G. w Berlinie, The Federal Telegraph Co. w Nowym Yorku. Ze stacji wielkiej mocy pracują łukami: Kopenhaga, Königswusterhausen (Niemcy), Rzym, stacja na wieży Eiffla, Lyon (150 *kw.*), Bordeaux (400 *kw.*), stacje marynarki St. Zjedn. Ameryki Półn. Arlington (100 *kw.*) i Annapolis, stacja Darien w Panamie (100 *kw.*), San Diego (200 *kw.*) i San Francisco (Bollinas) w Kalifornji, Cavite na Filipinach (350 *kw.*) i t. d. Stacjami tego typu jest też wyposażonych wiele okrętów marynarek wojskowych i handlowych. W Polsce mamy 15 *kw.* stację tego typu w Krakowie i mniejszą w Poznaniu.

2. Co do maszyn wysokiej częstości to pierwszą taką maszynę zbudował Alexanderson w r. 1906. Dawała ona 100.000 okresów na sekundę przy 2 *kw.* mocy (15 amp. i 130 woltów). Zdawało się, że poza tę moc nie będzie się można posunąć ze względów konstrukcyjnych. Alexanderson nie dał jednak za wygraną. Wprowadziwszy pewne modyfikacje zbudował maszynę 50 *kw.*, która ustawiona w amerykańskiej stacji radjotelegraficznej w New Brunswick w r. 1917 pracowała najzupełniej poprawnie dla służby marynarki. We wrześniu 1918 zainstalowano już maszynę na 200 *kw.* Maszyny te wykonuje firma General Electric Co. w Nowym Yorku i buduje je także w wielkościach 5 i 25 *kw.* W Polsce będziemy posiadać taką maszynę (200 *kw.*) w transoceanicznej stacji ustawionej koło Warszawy (obecnie w budowie). Stacja ta umożliwi bezpośrednią komunikację Polski ze Stan. Zjedn. Ameryki Półn.

We Francji buduje maszyny wysokiej częstości Société Française Radioélectrique (system Béthenod—Latoura). Maszyny te instalują Francuzi przede wszystkim w swych stacjach radjotelegraficznych krajowych i kolonialnych, ustawiono je n. p. w Lyonie (200 *kw.*) i Bordeaux (500 *kw.* w antenie), posiada je wielkie centrum radjotelegraficzne w Sainte-Assise (do 1500 *kw.*, jedna z najsilniejszych stacji



radjotelegraficznych na świecie, która będzie wykończona w niedługim czasie). Ze stacji kolonialnych: Brazaville w Centralnej Afryce, Tananarive na Madagaskarze (250 *kw.*), Beyruth w Syrii, Saigon w Indochinach. Stacje tego systemu są też w Bukareszcie (50 *kw.*), Pradze (50 *kw.*). W Polsce mamy stację tego systemu w Grudziądzu na Pomorzu (10 *kw.*).

Maszyny Goldschmidta zbudowane na innej zasadzie, znajdują się w stacjach Eilvese koło Hanoweru i w Tuckerton w Stan. Zjedn. Ameryki Półn. (po 150 *kw.*).

3. Systemy wymienione pod 2. oparte są na maszynach rotujących. Tow. Telefunken wyrabia maszyny (system Joly-Arco) pracujące na tej zasadzie, że używa się alternatora który wytwarza prąd o stosunkowo niskiej częstotliwości np. 10.000 okresów na sekundę i ten prąd przesyła się przez t. zw. *spoczywające transformatory częstotliwości*. Z tych otrzymuje się prąd posiadający częstotliwość będącą wielokrotnością częstotliwości alternatora i tego prądu używa się do zasilania anteny przy nadawaniu telegramów. Maszyny zbudowane na tej zasadzie posiadają np. stacje: Nauen 400 *kw.* w antenie (dzięki tej maszynie osiąga Nauen wszelkie odległości na ziemi), amerykańska stacja Sayville koło Nowego Yorku, maszynę taką posiada też nowoinstalowana wielka stacja w Holandji w Kotwijk koło Assel (dla korespondencji z koloniami, Jawa).

4. Najnowszym systemem jest system *generatorów lampkowych*. Pierwszymi, którzy używali lampek do wytwarzania oscylacji elektrycznych są L. de Forest (1912 r.) i A. Meissner z Tow. Telefunken (1913 r.). Początkowo stosowano lampki do wytwarzania prądów bardzo słabych. Wkrótce już jednak porobiono znaczne postępy. W latach 1917 i 1918 były one już w powszechnym użyciu w armiach aliantów, Niemcy wprowadzili je w swej armji tuż przed zawieszeniem działań wojennych. Dziś buduje się lampy na moce 250, 500, 800—1000 watów, a w ostatnich czasach nawet do 5 *kw.* Jak z tego widać, rozwój generatorów lampkowych postępuje bardzo szybko. Jako jeden z ostatnich sukcesów wymieniamy ten, że Tow. Marconiego wysyłało zapomocą lampek telegramy

ze stacji Carnarvon w Anglii, które odbierano bez trudności w Sidney i Melbourne w Australji. Uważać go należy za system przyszłości. Systemy lampkowe fabrykuje dziś cały szereg firm radjotelegraficznych np. Tow. Telefunken, Gesellschaft für Funkentelegraphie Huth w Berlinie, General Electric Co., de Forest Radio Tel. Co., Western Electric Co. w Nowym Yorku, Tow. Marconiego, Compagnie Générale de Télégraphie sans fil w Paryżu i t. d.

### 15. Lampy katodowe.

Generatory fal niezanikających nie są jednak jedynym zastosowaniem lamp katodowych. Wcześniej, jak do tego celu były one stosowane jako czułe detektory fal elektromagnetycznych i do wzmacniania słabych prądów.

Pierwsze lampki katodowe stosował do wykrywania fal elektromagnetycznych fizyk angielski J. A. Fleming w r. 1904, a współcześnie z nim uczony niemiecki A. Wehnelt i Amerykanin Lee de Forest (w r. 1906). Marconi używał lampek Fleminga w praktyce radjotelegraficznej już w r. 1905. Były to lampki silnie ewakuowane o dwu elektrodach: żarzącej się katodzie (u Wehnelta pokrytej tlenkami CaO lub BaO, SrO) i zimnej anodzie A (zob. *fig. 40*).

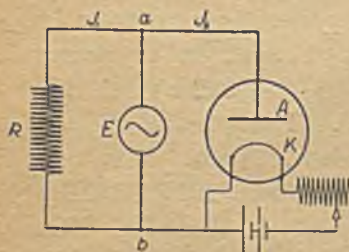


Fig. 40.

Aby zrozumieć działanie lampki takiej, pomyślmy zestawienie jak na *fig. 40*, gdzie oznaczają: *E* generator elektryczny, dający siłę elektromotoryczną sinusoidalną (jak na *fig. 41a*), *R* wysoki opór ohmowy, zaś *AK* lampkę. Gdy puści się w ruch generator *E*, to wtedy w gałęzi *aRb* płynie prąd

o charakterze siły elektromotorycznej (czyli tak jak na *fig. 41a*), a w gałęzi *aAKb* płynie prąd o charakterze jak przedstawiono na *fig. 41b*. Lampka działa więc w ten sposób, że przepuszcza tylko prąd jednostronnie pulsujący, a zatem po-

siada tę samą własność, co detektor krystaliczny (porównaj z fig. 26).

Na fig. 42 a mamy przedstawione t. zw. *audionowe* *złączenie* (L. de Foresta) dwuelektrodowej lampki katodowej do celu odbioru sygnałów. Przy żarzącym się druciku  $K$  (do żarzenia służy baterja  $B_1$ ) daje baterja  $B_2$  w obwodzie  $B_2 A K O$  Tel.  $B_2$  słaby prąd  $i_0$  przedstawiony na fig. 42 c. Jeśli między

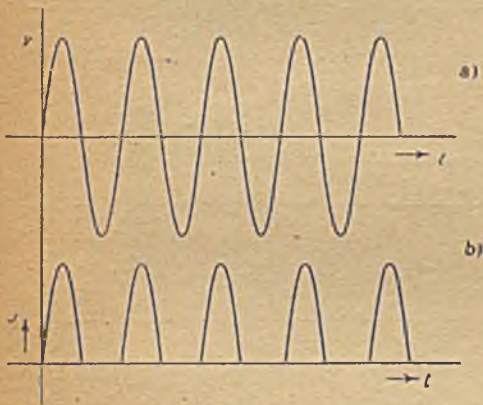


Fig. 41.

okładkami kondensatora  $C'$  zostaną wzbudzone oscylacje przez nadchodzące fale, to przemienne napięcie (zob. fig. 42 b) powstające przemijająco między  $d$  i  $o$  powoduje wzmocnienia prądu, przedstawione na fig. 42 c. Te pulsacje prądu o wysokiej częstotliwości ładują kondensator  $C''$ , który wyładowuje się

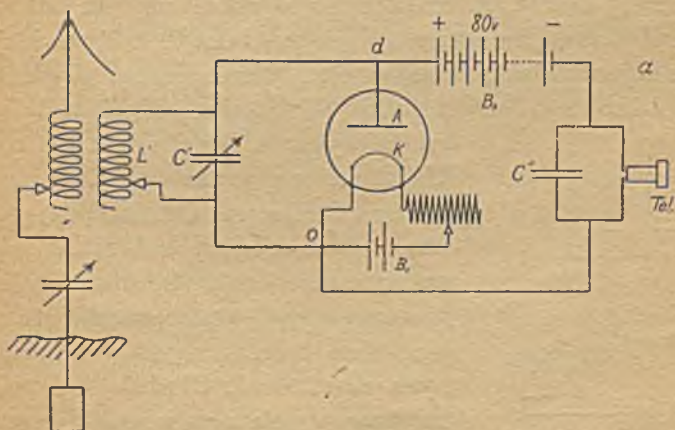


Fig. 42 a.

powoli przez zwoje słuchawki telefonicznej dając prąd jak na *fig. 42d*. Ten powoduje drgania membrany telefonu w tempie iskier stacji nadawczej i wtedy słyszymy ton o odpowiedniej wysokości.

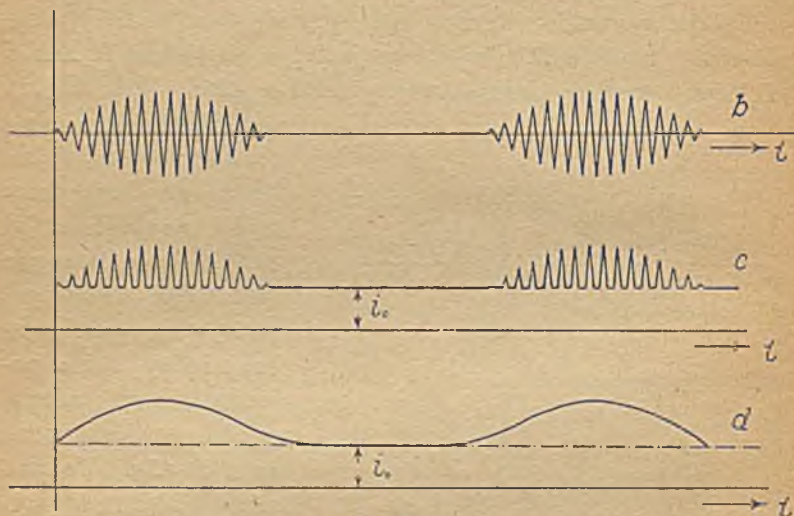


Fig. 42 b d c.

Znaczny postęp w dziedzinie lampek katodowych stanowi *lampka o trzech elektrodach* (zob. *fig. 43*), wynaleziona przez de Foresta w r. 1908. Lampka ta różni się tem od poprzednio omówionej, że pomiędzy elektrodami A i K znajduje się jeszcze trzecia elektroda S w formie metalicznej płytki dziurkowanej lub metalicznej siatki. Wykazała ona tak wielkie zale-

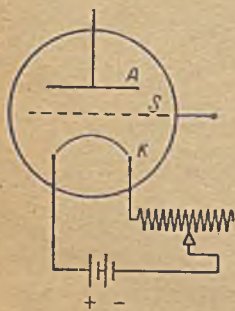


Fig. 43.

ty, że wyparła lampki dwuelektrodowe. Udoskonalone przez I. Langmuira z General Electric Co., dzięki jego bardzo wyczerpującym badaniom doświadczalnym, doczekały się te lampki bardzo szczegółowego opracowania tak pod względem teoretycznym, jak i praktycznych zastosowań. Obecnie stanowią one podstawowy element w praktyce radiotelegraficznej i w pracowniach naukowych do badań nad oscylacjami elektrycznymi

Aby przedstawić możliwie krótko teorię pracy lampki takiej, pomyślmy ją w załączeniu jak na *fig. 44*. Mamy tu załączoną anodę *A* do styku *b*, punkt *O* połączony jest ze stykiem *a* t. z. *potencjometru*, który składa się z baterji *B*<sub>1</sub> i oporu *R*<sub>1</sub>. Przez nastawianie styków *a* i *b* można dobrać żadaną różnicę potencjałów

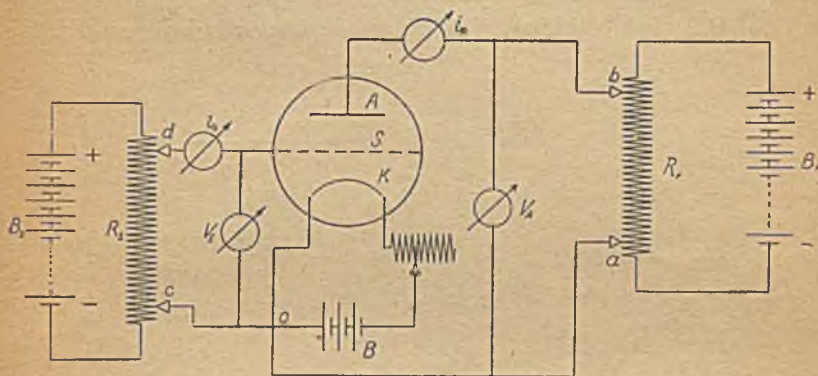


Fig. 44.

między anodą *A* i katodą *K* (t. z. *napięcie anodowe*), które mierzy woltmierz *V<sub>A</sub>*. Amperomierz *i<sub>A</sub>* mierzy t. z. *prąd anodowy* płynący w obwodzie *ASKO a b i<sub>A</sub> A*. Podobnie połączoną mamy *siatkę (S)* przez drugi potencjometr z katodą *K*. Woltmierz *V<sub>S</sub>* mierzy różnicę potencjałów między siatką i katodą (*napięcie siatki\**); amperomierz *i<sub>S</sub>* mierzy natężenie *prądu siatki* w obwodzie *S i<sub>S</sub> d c O K S*.

Urządzenie to pozwala na zdjęcie t. zw. *charakterystyk lampki* czyli krzywych podających zależności prądu anodowego *i<sub>A</sub>* i prądu siatki *i<sub>S</sub>* od napięcia siatki *V<sub>S</sub>*. Chcąc n. p. zdjąć t. z. *krzywą anodową* postępuje się w ten sposób, że odczytuje się wskazania amperomierza *i<sub>A</sub>* przy różnych wartościach *V<sub>S</sub>* i te dają krzywą *1 M P N i<sub>A</sub>* na *fig. 45*. Należy nadmienić,

\*) Gdy chce się siatkę naładować ujemnie względem katody, trzeba baterję *B*<sub>2</sub> załączyć odwrotnie jak na *fig. 44*.

że krzywą taką zdejmuje się dla pewnego stałego napięcia anodowego  $V_A$ . Podobnie zdejmuje się krzywą siatki, zaznaczoną krzywą kreska - kropka ( $i_s$ ) na powyższej figurze.

Z wykresu tego czytamy, że istnieje dla danej lampki pewien zakres napięć siatki od (1 do 2) w obrębie którego wzrostowi napięcia siatki odpowiada wzrost prądu anodowego; przy napięciach siatki wyższych jak napięcie odpowiadające odciętej 0 2, lub niższych jak napięcie odpowiadające odciętej 0 1, zmiany napięć siatki zupełnie nie wpływają na zmiany prądu anodowego. Opierając się na tem, zrozumiemy bez trudności zastawianie lampki do celu wzmacniania prądów i wykrywania fal elektromagnetycznych.

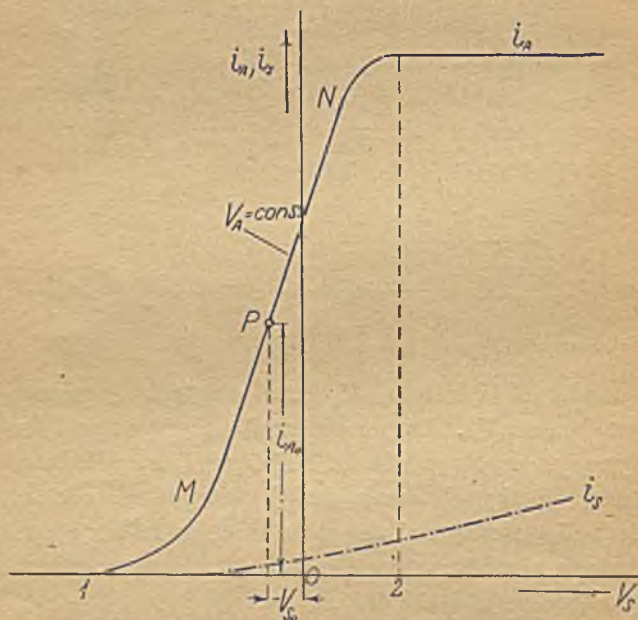


Fig. 45.

— 0 1, zmiany napięć siatki zupełnie nie wpływają na zmiany prądu anodowego. Opierając się na tem, zrozumiemy bez trudności zastawianie lampki do celu wzmacniania prądów i wykrywania fal elektromagnetycznych.

Pomyślmy mianowicie, że przez odpowiedni dobór warunków nastawiono lampkę tak, że wykazuje ona prąd  $i_{a0}$  odpowiadający punktowi P, leżącemu w środku części prostoli-

njowej  $MN$  krzywej. W tym stanie wynosi napięcie siatki  $-V_{s_0}$  i jest ujemne t. z. siatka jest słabo ujemnie naładowana względem katody. Przyjmijmy, że tym warunkom odpowiada lampka w załączeniu jak na *fig. 46*, gdzie jeden biegun cewki wtórnej transformatora  $T$  połączono z siatką, a drugi z katodą  $K$ . Jeżeli teraz przez cewkę pierwszorzędą tego transformatora przepuścimy prąd przemienny np. idący od mikrofonu odległej stacji telefonicznej, to pobudzi on w cewce wtór-

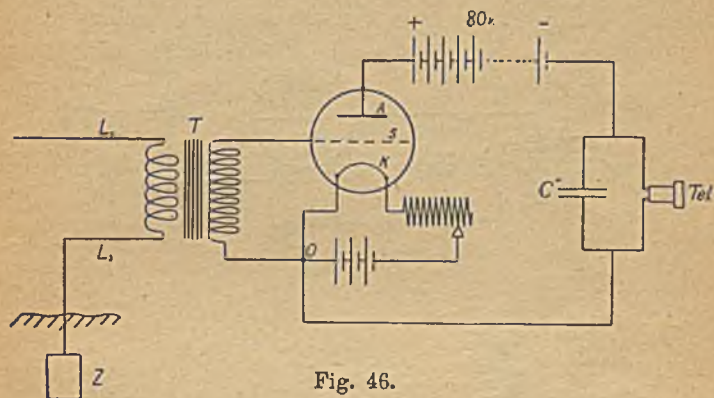


Fig. 46.

nej przemienną siłą elektromotoryczną, która będzie zmieniać napięcie siatki względem katody. Te zmiany napięcia siatki odbiją się silnie na prądzie anodowym, płynącym przez zwoje słuchawki telefonicznej. Jest tu ważne, że przy bardzo słabym prądzie w obwodzie siatki można kosztem zmian napięcia siatki wywoływać silne zmiany prądu anodowego. Lampka działa zatem w tem zestawieniu jako wzmacniacz prądu zasilającego cewkę pierwszorzędą transformatora.

Do tego samego celu stosuje się lampkę katodową w radjotelegrafji. Włącza się ją tak, że w miejsce telefonu (wraz z kondensatorem  $C''$ ) *fig. 27*, daje się cewkę pierwszorzędą transformatora, a telefon przychodzi jak na *fig. 46*. Działanie wzmacniające lampki można powtórzyć dwa, trzy lub więcej razy i wtedy otrzymuje się znaczne wzmocnienie prądów płynących w obwodzie odbiorczym. Lampki zastosowane do tego

celu, posunęły radjotelegrafję o ogromny krok naprzód. Stacje radjotelegraficzne danej mocy stało się możliwe odbierać na znacznie większe odległości.

Lampka katodowa o trzech elektrodach może też służyć jako detektor fal elektromagnetycznych. Gdy się ją jednak chce użyć do tego celu, trzeba ją odpowiednio nastawić, np.

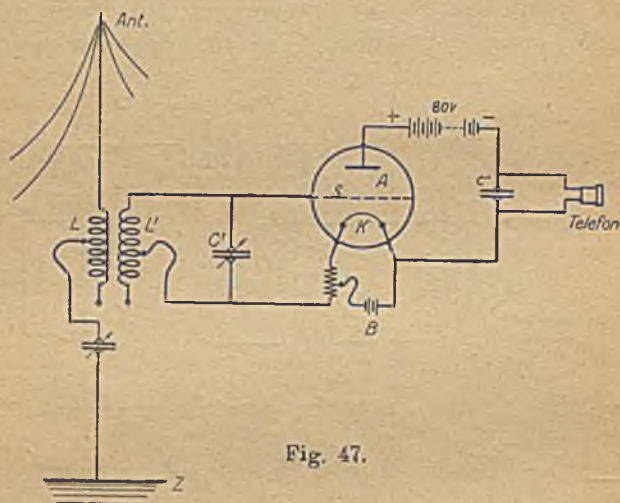


Fig. 47.

tak, by wykazywała prąd anodowy, odpowiadający napięciu siatki około punktu 1 na *fig. 45*. Przy tem nastawieniu wzrost napięcia siatki ponad wartość  $-01$  wywoła wzrost prądu anodowego, podczas gdy zmniejszenie się napięcia siatki poniżej wartości powyższej nie wywoła zmiany w prądzie anodowym. Znaczy to, że lampka działa w tym przypadku tak jak detektor krystaliczny. Lampkę użytą jako detektor załącza się według schematu przedstawionego na *fig. 47*.

Detektor lampkowy ma tę zaletę wobec detektora krystalicznego, że jest zawsze gotowy do pracy (detektor krystaliczny wzrusza się często, trzeba go więc nastawiać) i tę jeszcze, że działając detektorowo działa równocześnie wzmacniająco. Jest więc detektorem pewniejszym w pracy i czulszym od krystalicznego.



Jak zaznaczyliśmy, lampka może też być zastosowana do wytwarzania niezanikających oscylacji elektrycznych. Aby zrozumieć zasadę tego działania lampki, weźmy pod uwagę załączenie jej jak na *fig. 48*.  $G$  oznacza tu generator prądu przemiennego. Pomyślmy, że lampkę nastawiono tak, że przy niezłączonym generatorze  $G$  daje ona prąd anodowy  $i_{A_0}$  (zob. *fig. 45*). Gdy włączymy generator  $G$  pomiędzy siatkę i katodę lampki, wtedy wahania napięcia siatki sprawione generatorkiem (należy je tak dobrać, by były zawarte w granicach od 1 do 2 na *fig. 45*) wywołają wahania prądu anodowego  $i_A$ , ten zaś będzie pobudzał oscylacje w obwodzie  $LC$ .

Można się jednak obejść bez pobudzania zewnętrznego, od generatora  $G$ , i dać takie urządzenie, że lampka raz zaświecona będzie sama pobudzać oscylacje w obwodzie  $LC$ .

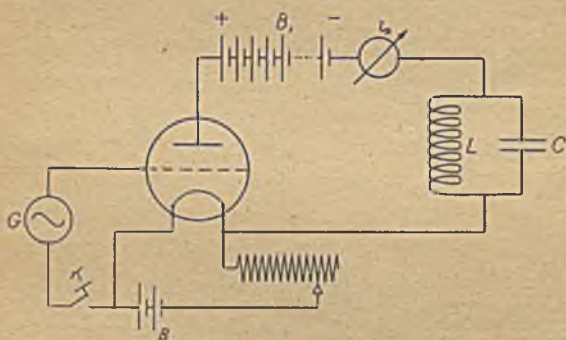


Fig. 48.

Urządzenie takie, obmyślane przez A. Meissnera przedstawia *fig. 49*. Po załączeniu klucza  $K$  (przy świecącej się lampce) doznaje obwód oscylacyjny  $L_1 C L_2$  impulsu elektrycznego, przez co pobudzone zostają w nim drgania elektryczne. Te zamarłyby jednak wkrótce. Aby się to nie stało trzeba oscylacje podtrzymać. Służy do tego cewka  $L_3$ , załączona odpowiednio między siatkę i katodę lampki i sprzężona indukcyjnie z cewką  $L_1$  obwodu oscylacyjnego. Oscylacje pobudzają w cewce  $L_3$  siłę elektromotoryczną, która działając na siatkę

wywołuje takie zmiany prądu anodowego, że one podtrzymują oscylacje. Częstość drgań wynosi tu w przybliżeniu:

$$\nu = \infty \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_1 + L_2)C}}$$

Urządzenie powyższe stanowi właściwie już stację nadawczą lampkową, gdyż sprzężony obwód oscylacyjny  $L_1 C L_2$  z obwodem anteny, będziemy mieli w nim przy zamkniętym

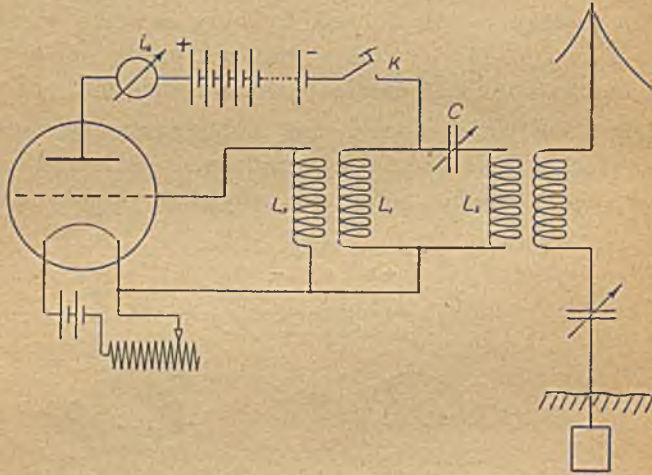


Fig. 49.

kluczu  $K$ , niezanikające oscylacje. Przy naciskaniu klucza  $K$  według znaków alfabetu Morsego będzie antena wysyłać w odpowiednich odstępach czasu fale jak na *fig. 35 b*.

Takie samo urządzenie, użyte w stacji odbiorczej, może posłużyć do odbioru heterodynowego fal elektromagnetycznych (zob. *fig. 38*).

## 16. Zakończenie.

Radjotelegrafia nowoczesna stanowi wraz z radjotelefonją oddzielny, specjalny dział elektrotechniki, a o ile chodzi o przyrządy i maszyny jest przedmiotem specjalizacji także w kierunku produkcji fabrycznej, której w różnych krajach świata poświęcone są zakłady przemysłowe ze specjalnemi

laboratorjami naukowemi. Artykuł niniejszy nie może też rościć pretensji do wyczerpania przedmiotu w najkrótszym nawet zarysie. Jest on tylko szkicem, usiłowaniem przedstawienia rzeczy najistotniejszych, potrzebnych do zrozumienia fizycznych podstaw techniki telegrafji bezdrutowej. Ma on nadto za zadanie dać pewien pogląd na rozwój radjotelegrafji, tej nawskróś nowoczesnej umiejętności technicznej, która powstała i wydoskonalila się przy najściślejszej współpracy fizyków, inżynierów i zakładów fabrycznych.

Studjum radjotelegrafji, tego przepięknego, w sposób genialny rozwiązanego i w niebywale krótkim przeciągu czasu do najwyższej doskonałości doprowadzonego środka techniki komunikacyjnej, jest ze wszechmiar polecenia godne. i to nie tylko z punktu widzenia ciekawości ale i z punktu widzenia jego ogromnej pożyteczności dla współczesnego życia. Gdy chodzi o przesyłanie wiadomości do miejsc, z którymi niema połączenia zapomocą telegrafu drutowego (n. p. w krajach, w których niema rozbudowanych sieci telegrafu drutowego, po przez puszcze, pustynie i t. d.) albo do których przeprowadzenie takiego połączenia jest niemożliwe (okręty na pełnym morzu, zerwanie lub opanowanie przez nieprzyjaciela linii telegraficznych drutowych, kabli podmorskich, porozumiewanie się z aeroplanami), telegraf bezdrutowy jest środkiem nieocenionym i w wielu wypadkach nie do zastąpienia. Znajduje on także bardzo wielkie zastosowanie równoległe z telegrafem drutowym lub kablowym do przesyłania wiadomości, dyspozycji etc. (np. przy korespondencji metropolji z kolonjami, przy korespondencji transoceanicznej i transkontynentalnej i t. d.). Pod względem szybkości przesyłania wiadomości konkuruje on w tych przypadkach w zupełności ze zwykłym telegrafem a często nawet przewyższa go.

Są pewne dziedziny, w których tylko radjotelegraf (względnie radjotelefon) może oddać usługi. Należą tu np. korespondencja między lądem i okrętami, tudzież okrętami między sobą podczas podróży, przesyłanie sygnałów czasu dla celów żeglugi, nauki i życia prywatnego, przesyłanie spostrzeżeń meteo-

rologicznych do miejsc centralnych dla celu układania map, dla przepowiedni pogody itd.

Ważność radjotelegrafji jako środka łączności ocenila też odrazu wojskowość. Od pierwszych chwil jego powstania i przez cały czas jego rozwoju znajdował się radjotelegraf pod ścisłą kontrolą ale zato i protekcją państwowych władz wojskowych i marynarskich różnych krajów. Pierwszą praktyczną próbę sprawności przeszedł on w pierwszym rządzie w żegludze, a pierwszą próbę sprawności dla celów działań wojennych, w wojnie rosyjsko-japońskiej (1904—1905 r.). Od tego czasu poświęcają mu władze wojskowe wszystkich państw wiele uwagi, łożą wydatne środki na jego udoskonalenie i pod kontrolą popierają usilnie jego rozwój. Wielka wojna przyczyniła się bardzo do jego udoskonalenia i rozpowszechnienia. Potrzeby wojenne państw sprawiły, że rzucono na ten cel olbrzymie środki. Dzięki temu i wprzągnięciu do pracy całego szeregu najtęższych ludzi, osiągnięto rezultaty niezwykle. Dzięki ulepszeniom i nowym wynalazkom wzrastały odległości telegrafowania z miesiąca na miesiąc, pewność korespondencji stawała się coraz lepszą. Te wynalazki i ulepszenia sprawiły, że stało się możliwe telegrafowanie na ogromne odległości. Ostatecznie w czasie wojny, stało się rzeczą powszednią telegrafowanie bezdrutowe poprzez oceany i kontynenty. Dziś doszło do tego, że nie istnieją odległości na ziemi, których nie możnaby osiągnąć drogą radjotelegraficzną. ba — dziś już nawet telefonuje się drogą radjotelegraficzną poprzez oceany. Takie stacje jak niemiecka w Nauen (koło Berlina, rozszerzona i wydoskonalona w czasie wojny), jak francuskie: w Bordeaux (wybudowana w latach od 1918 do 1920) i w Sainte-Aisise (której budowę rozpoczęto w styczniu 1921 r., a już 7 sierpnia 1922 uruchomiono ją dla korespondencji ze Stan. Zjedn. Am. Półn.), amerykańska w Port Jefferson (na Long Island koło N. Yorku) mogą przysyłać radjotelegramy do antipody.

Wielka wojna sprawiła też, że radjotelegraf przestał być zazdrośnie strzeżoną tajemnicą nawet w państwach wybitnie

militarnych. Dziś np. w Niemczech znajduje się setki stacji radjotelegraficznych, z których bardzo wiele przeznaczonych jest dla ruchu ogólnego. W wielu państwach (np. w Stanach Zjedn. Am. Pół., Francji, Belgji, Danji itd.) dopuszczona jest pod pewnymi warunkami radjotelegrafia amatorska (wraz z radjotelefonią, która w ostatnich czasach doczekała się, głównie dzięki lampom katodowym, uproszczenia w rozwiązaniu tego problemu i daleko idących ulepszeń). Największa swoboda w kierunku radioamatorstwa panuje w Stanach Zjedn. Am. Półn., gdzie jest ono bardzo rozpowszechnione.

U nas w Polsce, jest zarówno radjotelegrafia jak i radjotelefonja ciągle jeszcze sensacją dnia. Tem bardziej też jest wskazane by zapoznał się z nią i zajął tą dziedziną jak największy zastęp ludzi. Wymaga tego kultura a także i obrona kraju.

Na zakończenie dziękuję serdecznie pp. asystentom Zakładu Fizycznego tut. Politechniki Władysławowi Obtulowiczowi i Stanisławowi Szulcowi za wykonanie rysunków.

Lwów, w lipcu 1922.

*Laboratorjum Fizyczne Politechniki.*

Dla tych czytelników, którzy zainteresują się przedmiotem, podaję podręczniki, które posłużyć mogą do studjum wstępnego:

1. R. Stanley: Textbook on Wireless Telegraphy, Longmans Green & Co, London.

2. H. Mosler: Einführung in die moderne drahtlose Telegraphie und ihre praktische Verwendung, Vieweg & Sohn, Braunschweig 1919.

3. R. D. Bangay: The elementary Principles of Wireless Telegraphy, The Wireless Press, London.

4. Boulanger et Ferrié: La télégraphie sans fil et les ondes électriques, Berger-Levrault & Cie, Paris—Nancy, 1909.

5. F. Anderle: Lehrbuch für drahtlose Telegraphie und Telephonie, F. Deuticke, Wien.

8. H. Poincaré: Die Maxwellsche Theorie und die Hertz-schen Schwingungen, J. Barth, Leipzig 1909.

9. J. A. Fleming, — E. Aschkinass: Elektrische Wellen-Telegraphie, B. G. Teubner, Leipzig 1906.

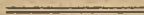
10. H. Rein: Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie, J. Springer, Berlin 1917.

11. J. Wiesent: Die Fortschritte der drahtlosen Telegraphie und ihre physikalischen Grundlagen, F. Encke, Stuttgart 1919.

12. J. Machcewicz: Radjotelegrafja i Radjotelefonja, Warszawa, wyd. Lisowskiej, 1923 r.

6. E. E. Bucher: Practical Wireless Telegraphy, Wireless Press, London.

7. R. de Valbreuze: Notions général sur la télégraphie sans fil, Beranger, Paris 1910.



# KSIĄŻNICA POLSKA

TOWARZYSTWA NAUCZ. SZKÓŁ WYŻSZYCH  
LWÓW, UL. CZARNIECKIEGO 12  
WARSZAWA, NOWY ŚWIAT 59

poleca następujące wydawnictwa:

- BARTEL — Geometria wykroślna.  
BOLLAND — Mikrochemia.  
BRONIEWSKI — Metalografia.  
BROWIŃSKI — Podręcznik chemii fizjologicznej.  
BROWIŃSKI i SUCHOWIAK — Podręcznik do ćwiczeń z analizy chemicznej.  
CZERWIŃSKI — Korzenionózki — Rhizopoda.  
— Szkice zoologiczne.  
DANYSZ — Teoria chorób zakaźnych.  
— Geneza energii psychicznej.  
DENIZOT — O przestrzeni i czasie.  
DOMANIEWSKI — Pogadanki przyrodnicze na kl. II.  
— Pogadanki przyrodnicze na kl. III.  
DUCHOWICZ — Jakościowa analiza chemiczna.  
EINSTEIN — O szczególnej i ogólnej teorii względności.  
FABRE — Z życia owadów.  
GAWECKI — Mechanika.  
GÓRA — Bilanse.  
HOMOLACS — Zasady ornamentu płaskiego i metod kursu zdobniczego.  
HORNOWSKI — Dysenterja i tyfusy.  
— Samoobrona organizmu.  
KOPCZYŃSKI — Szkice higieniczno-wychowawcze.  
KORCZYŃSKI — Preparatyka chemii organ. i nieorganicznej.  
— Wskazówki wykon. anal. elementarnej.  
KOZIKOWSKI — Smoliki i korniki (Pissodini et Ippidae).  
LESZCZYŃSKI — Farmakologia.  
MICHALSKI — Przyroda martwa Cz. I dla nauczyciela, Cz. II dla ucznia.  
ROSTAFIŃSKI — Mały botanik.  
STADTMÜLLER — Słownik lotniczy niemiecko-polski.  
— Słownik okrętowy.  
STERLING-OKUNIEWSKI — Dur plamisty.  
THULLIE — Ćwiczenia lizykalne w kl. IV.  
TIMOSZENKO — Wytrzymałość materiałów (tłum. prof. Dr. Hubera).  
WILIŃSKI — Bank.  
WYHOWSKI — Człowiek.

