

BIBLIOTEKA TECHNICZNA T. IV

JAN MACHCEWICZ i TADEUSZ HUBERT

inż. elektryk

inż. E. S. E.

Oficerowie Wojsk Łączności

ZASADY
RADJOTELEGRAFJI
I RADJOTELEFONJI

WYDANIE DRUGIE

opracowane przez

Kpt. T. HUBERTA

z przedmową

dr. inż. J. Groszkowskiego



W A R S Z A W A

WYDAWNICTWO KSIĘGARNI J. LISOWSKIEJ

1929

BIBLIOTEKA TECHNICZNA T. IV

JAN MACHCEWICZ i TADEUSZ HUBERT

inż. elektryk

inż. E. S. E.

Oficerowie Wojsk Łączności

ZASADY
RADJOTELEGRAFJI
I RADJOTELEFONJI

WYDANIE DRUGIE

opracowane przez

Kpt. T. HUBERTA

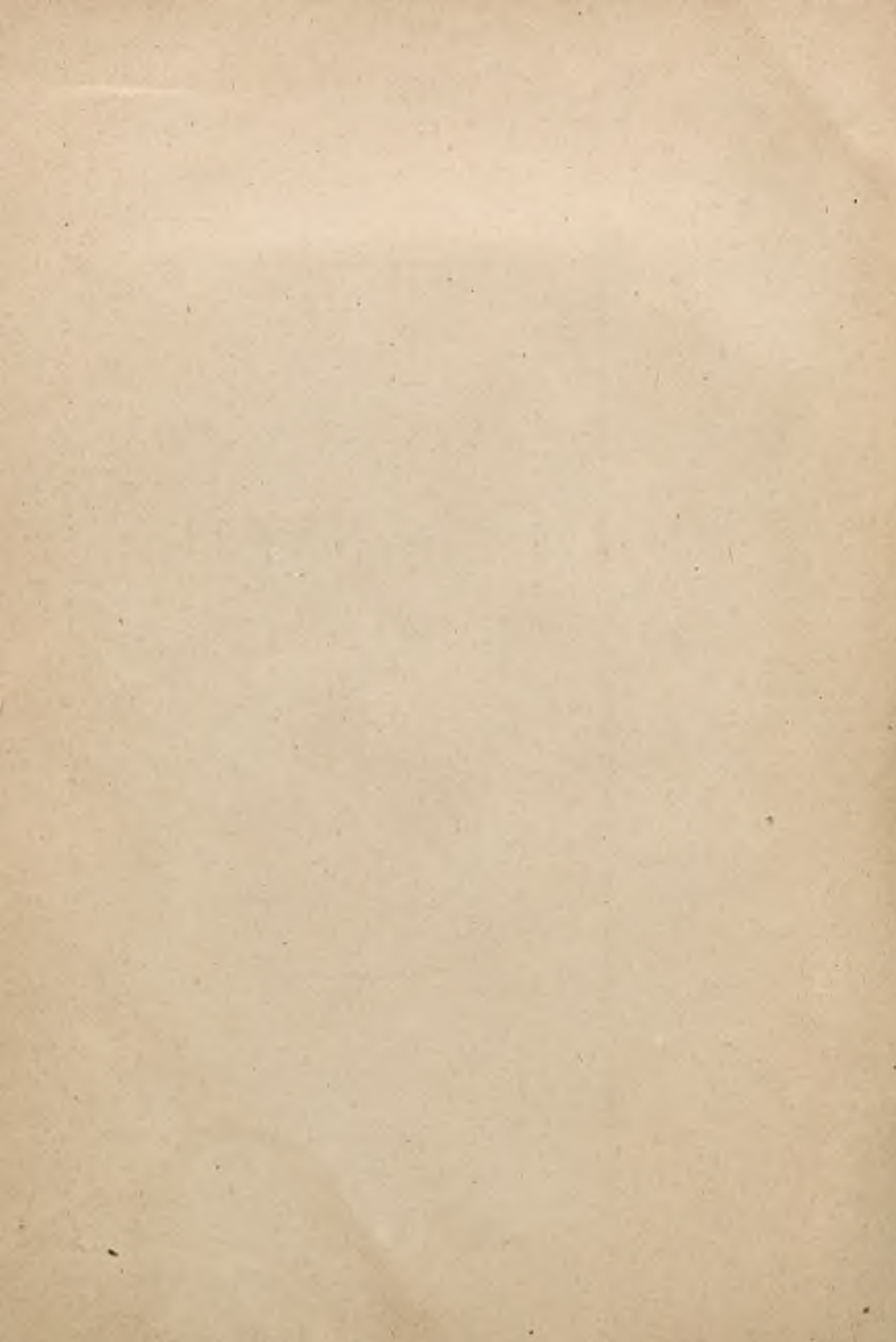
z przedmową

dr. inż. J. Groszkowskiego

W A R S Z A W A

WYDAWNICTWO KSIĘGARNI J. LISOWSKIEJ

1929



Drukarnia Wł. Łazarskiego
w Warszawie, Złota 7/9

PRZEDMOWA.

Gdy w roku 1923 ukazywało się pierwsze wydanie książki por. inż. **Jana Machcewicza**, radjotechnika w Polsce nie wychodziła jeszcze poza obręb bardzo nielicznego grona „wtajemniczonych“. Książka ta była bodajże pierwszym „ujawnieniem“ w języku polskim zastosowania technicznego tej nowej dziedziny nauki.

Od tej chwili upłynęło lat pięć — okres czasu — jeśli chodzi o historję rozwoju polskiej radjotechniki niezmiernie długi — bowiem jest to okres powstania radjofonji i radioamatorstwa.

Zdawałoby się, iż w okresie tym również powinien ukazać się szereg wydawnictw podobnych do „Radjotelegrafji i Radiotelefonji“ inż. Machcewicza w opracowaniu innych autorów. Jednak, niestety, podobne wydawnictwa nie ukazały się. A nieubłagana śmierć zabierając przedwcześnie ś. p. Jana Machcewicza uniemożliwiła Mu opracowanie nowego wydania książki.

Jakaż jest przyczyna, iż wśród mnóstwa wydawnictw, jakie dziś spotykamy na półkach księgarskich, daje się odczuwać jednak brak dobrych podręczników popularnych?

Przyczyna jest prosta: niema nic trudniejszego, jak właśnie elementarne wyłożenie zjawisk i pojęć złożonych, z jakimi spotykamy się na każdym kroku w podstawach radjotechniki.

Ujęcie popularne jakiegoś zagadnienia może być dwojakiego

rodzaju: nieściśle naukowo albo ściśle naukowo. Pierwsze jest stosunkowo łatwe do przeprowadzenia, lecz nie posiada wartości: nierzadko czytelnika albo w błąd wprowadza, albo w każdym razie nasuwa mylne wnioski.

Drugie ujęcie jest niełatwe, lecz jeśli autor się z niego pomyślnie wywiąże, posiada wartość równie wielką jak dzieło napisane na najwyższym poziomie naukowym.

Wynika stąd oczywisty wniosek, że autorem tak ujętej książki popularnej musi być radjotechnik posiadający głębokie podstawy teoretyczne, pracujący w tej dziedzinie fachowo, zaś nie radioamator.

Powyższe okoliczności nasunęły gronu radjotechników polskich z p. prof. M. Pożaryskim na czele, którym sprawa racjonalnej popularyzacji radjotechniki w Polsce leży na sercu, zaś pamięć zmarłego kolegi jest drogą — myśl urzeczywistnienia nowego wydania „Radjotelegrafji i Radjotelefonji“.

Oto dziś ukazuje się ono w opracowaniu kpt. **Tadeusza Huberta**, inżyniera Ecole Supér. d'Electr., asystenta radjotechniki w Oficerskiej Szkole Inżynierji. Kpt. Hubert, opierając się na szkielecie nakreślonym przez autora pierwszego wydania, doprowadził treść książki do wymagań czasów ostatnich.

Materiał cały podzielony jest równomiernie na działy z uwypukleniem ważniejszych zagadnień, bez gubienia się w szczegółach, z zachowaniem poprzez wszystkie stronicę jednolitego poziomu, ażeby uczynić równie jednolitym wysiłek czytelnika.

Będę niewątpliwie wyrazicielem opinji reszty moich kolegów-radjotechników, jeśli powitam ukazanie się drugiego wydania życzeniem: Trzeciego wydania!

Dr. inż. Janusz Groszkowski.

Sierpień, 1928.

PRZEDMOWA.

Najnowsze zdobycze radjotechniki, zdumiewające wyniki, osiągnięte w dobie ostatniej w tej najmłodszej, a już najwspanialszej gałęzi elektrotechniki — wzbudzają zupełnie zrozumiałe zainteresowanie już nie tylko w sferach naukowo-technicznych, ale również w szerszych warstwach myślącego ogółu.

Nasza literatura techniczna, wogóle w porównaniu do obcych upośledzona, pod względem dzieł o treści popularnej jest szczególnie ubogą; zwłaszcza w stosunku do radjotechniki zaznacza się to o tyle wyraźnie, że dotąd nie istnieje ani jedno wydawnictwo drukowane, podające naukowe jej zasady w postaci dla wszystkich zrozumiałej i zwięzłej, z uwzględnieniem najnowszych postępów. Stąd nauka ta (bo w dzisiejszym swym stanie radjotechnika na miano nauki w zupełności już zasługuje) jest dla szerszego ogółu otoczona pewną tajemniczością, w większym o wiele stopniu, niż inne dziedziny wiedzy technicznej. A pomimo to radjotechnika w całokształcie życia państwowego i społecznego na szerszym świecie odgrywa dziś rolę pierwszorzędną; niezawodnie — niemniej poważną rolę odgrywać wkrótce będzie też w Polsce, gdzie się z dniem każdym rozwija i nowe znajduje zastosowania.

Stwierdzając potrzebę podobnego dziełka — czynimy próbę wypełnienia wskazanej luki w popularno-technicznym piśmiennictwie naszym.

Mamy nadzieję, że znajdzie się ta książka w rękach każdego, kto zechce w ogólnych zarysach zapoznać się z zasadami radjotechniki, że nie będzie też zbyt cenna dla początkującego radjotelegrafisty-fachowca, pragnącego z należytym zrozumieniem i świadomością obowiązki swe traktować, a przede wszystkim — że trafi do rąk młodzieży szkolnej, z której licznych rzesz rekrutować się zapewne będzie, za przykładem Ameryki i Zachodu, pierwszy zastęp polskich radjotechników-amatorów.

Przy układaniu dziełka wzorowaliśmy się na kilku cudzoziemskich najcenniejszych tego rodzaju wydawnictwach, których wyszczególnienie podajemy w końcu książki.

Wszelkie uwagi krytyczne Czytelników zostaną z wdzięcznością przyjęte i w miarę możliwości uwzględnione w następnych wydaniach.

Jan Machcewicz.

Warszawa, marzec r. 1922.

W S T Ę P.

1. WIADOMOŚCI OGÓLNE. Telegraf bez drutu, jak wskazuje samo to określenie, stanowi urządzenie do przesyłania sygnałów telegraficznych na odległości (niekiedy bardzo znaczne) bez pomocy połączenia materialnego między komunikującymi się punktami. A że w działaniu swoim telegraf bez drutu polega na zjawisku promieniowania elektromagnetycznego — nazywają go też **radjotelegrafem**, gdyż „radius“ po łacinie oznacza „**promień**“; „radjotelegraf“ da się więc na polski przetłumaczyć jako „**telegraf promieniowy**“.

W tym wypadku, gdy bez pomocy drutu przesyłane są nie umówione sygnały telegraficzne, lecz dźwięki żywej mowy (do czego służą, jak się przekonamy niżej, urządzenia podobne) — do czynienia mamy z **radjotelefonem**.

Aby dwie stacje radjotelegraficzne (telefoniczne) mogły się ze sobą porozumiewać obustronnie — każda z nich winna posiadać zespół aparatów **nadawczych** (stacja nadawcza) oraz zespół aparatów **odbiorczych** (stacja odbiorcza). Stacje odbiorcze, o wiele łatwiejsze w budowie, tańsze i prostsze w obsłudze, dzięki najnowszym postępom techniki mogą być instalowane z ogromną łatwością niemal wszędzie, to też spotykamy je częstokroć zupełnie niezależnie od stacyj nadawczych. Taka stacja odbiorcza stanowi samodzielny zespół aparatów i może odbierać sygnały każdej ze stacyj nadawczych, w któ-

rych promieniu działania znajduje się. Stacja nadawcza wymaga bardziej skomplikowanych urządzeń, a przede wszystkim — źródła energii elektrycznej o mniejszej lub większej mocy; im większy **zasięg** ma posiadać stacja, pracująca na określonej długości fali, tem większej mocy do zasilania wymaga. Moc współczesnych stacyj nadawczych waha się w bardzo szerokich granicach: najmniejsze stacje posiadają moc za ledwie kilkudziesięciu watów, moc największych istniejących stacyj przekracza 1000 kilowatów.

2. ZASADA DZIAŁANIA. Działanie radjotelegrafu polega na wzniesaniu w przestrzeni, otaczającej stację nadawczą — **fal elektromagnetycznych**, rozpowszechniających się z szybkością światła (300,000 km na sekundę) i ujawnianiu tych fal zapomocą aparatów stacji odbiorczej, umieszczonej w pewnym odległym punkcie.

Do wzniesania fal elektromagnetycznych stosowane być mogą liczne i różne metody, zawsze jednak polegające na wytwarzaniu **prądów szybkozmiennych** w przewodnikach określonego kształtu: doświadczenie bowiem poparte teorią stwierdza, iż jeśli w przewodniku wytworzymy w jakikolwiek bądź sposób prąd szybkozmienny — to w otaczającej przestrzeni powstaną fale elektromagnetyczne, nadające się do celów radjokomunikacji. Najstarsza i w swoim czasie najbardziej rozpowszechniona metoda wzniesania fal elektromagnetycznych polegała na wytwarzaniu w przewodniku prądów szybkozmiennych zapomocą **wyładowań iskrowych**. Stąd radjotelegraf nazywano dawniej „**telegrafem iskrowym**“. Dziś metoda iskrowa ustąpiła miejsca innym, bardziej doskonałym sposobom wytwarzania prądów szybkozmiennych i dlatego nazwa „telegraf iskrowy“ nie daje się zastosować do współczesnych urządzeń radjotelegraficznych.

3. SZKIC HISTORYCZNY. Fale elektromagnetyczne, stanowiące właściwy środek przesyłania sygnałów radjotelegraficznych, zostały wykryte i doświadczalnie wytworzone przez niemieckiego uczonego **Hertz'a** w roku 1892. Ujawnienie obecności fal w przestrzeni stało się możliwem dzięki wynalezic-

niu przez francuza **Branly'ego** przyrządu, nazwanego przez wynalazcę **kolhererem** (rurka Branly'ego).

Wkrótce potem fale Hertz'a i kolherer Branly'ego zostały zastosowane przez rosyjskiego fizyka **Popow'a** do przesyłania i odbierania sygnałów, przyczem odległość przesyłania była bardzo niewielka. **Guglielmo Marconi**, z imieniem którego nierozzerwalnie łączy się powstanie i początkowy rozwój radjotelegrafji, zastosował poraz pierwszy w stacji nadawczej **antene**, dzięki czemu zdołał osiągnąć wyniki, które mogły już być stosowane praktycznie: udało mu się przesłać sygnały na odległość kilkunastu kilometrów. Od tej chwili, czyli od roku 1897, rozpoczyna się szybki rozwój techniki radjotelegraficznej. Wynalazek **Marconi'ego** został udoskonalony przez niemieckich uczonych **Braun'a** i **Slaby'ego**, następnie niemiec **Wien** stwarza metodę t. zw. **wzbudzania bodźczego anteny**, skąd powstaje **system iskier dźwięcznych**, stosowany w nielicznych wypadkach jeszcze do dnia dzisiejszego.

Jednocześnie z postępem technicznym zwiększa się też dziedzina zastosowań radjotelegrafji i wzrasta ilość stacyj czynnych: powstają duże towarzystwa przemysłowo-handlowe, mające na celu budowę i eksploatację urządzeń radjotelegraficznych i radjotelefonicznych (radjofonja).

W czasach nowszych, już w wieku dwudziestym, rodzą się nowe metody wytwarzania fal elektromagnetycznych, zaczynają się rozpowszechniać systemy stacyj, pracujących **falami niegasącemi**, w przeciwieństwie do stacyj iskrowych, wytwarzających **fale gasnące**: do zasilania stacyj nadawczych zaczęto używać **łuku Poulsen'a** oraz **maszyny wielkiej częstotliwości** (Goldschmidt, Alexanderson, Bethenod). W czasach ostatnich, bo zaledwie bezpośrednio przed początkiem wojny europejskiej, zaczęto stosować w radjotelegrafji świeżo wynalezione **lampy katodowe**. W rozwoju radjotelegrafji moment ten winien być uznany za przełomowy, gdyż lampa katodowa pchnęła radjotelegrafję na nowe tory: lampie katodowej właśnie zawdzięczamy wszystkie najnowsze, najwspanialsze zdobycze radjotechniki. Coraz większe udoskonalenia

lampy katodowej pozwalają jej wypierać stopniowo wszystkie inne sposoby wytwarzania tak fal gasnących jak i niegasnących.

Dziś radjotechnika rozwija się w dalszym ciągu z szybkością zdumiewającą: bez przesady twierdzić można, że to, co w dniu dzisiejszym uważamy za ostatnie słowo w tej dziedzinie, za parę lat będzie uznane za przeżytek, dzięki nowym, doskonalszym wynalazkom.

4. TECHNIKA NADAWANIA I ODBIERANIA SYGNAŁÓW. Podobnie jak w telegrafii zwyczajnej, radjotelegamy są nadawane przy pomocy zwykłego **klucza telegraficznego**, znakami umówionymi według **alfabetu kropkokreskowego Morse'a**. Długie naciśnięcie klucza odpowiada kresce, naciśnięcie krótkie — kropce. W większości wypadków stacja nadawcza wytwarza fale tylko wtedy, gdy klucz jest naciśnięty.

Radjotelegrafista na stacji odbiorczej słyszy w słuchawce telefonicznej dźwięki długie i krótkie, odpowiadające nadanym kreskom i kropkom. Odpowiednio wyćwiczony i wprawny radjotelegrafista nabiera zdolności do przenoszenia bezpośrednio na papier liter, odbieranych słuchowo według znaków Morse'a.

Poniżej przytaczamy alfabet Morse'a z uwzględnieniem liter spotykanych tylko w piśmie polskim:

1. Litery.

a	· —	g	— — — ·
a, ä	· — · —	h	· · · ·
q	— · · ·	i	· ·
c	— · — ·	j	· — — —
ć, ç	— · — · ·	k	— · —
ch	— — — — —	l	· — · ·
d	— · ·	ł	· — · · —
e	·	m	— —
ę, è	· · — · ·	n	— ·
f	· · — ·	ń	— — · — —

o	— — — —	u	· · — —
óö	— — — — ·	ü	· · — — —
p	· — — — ·	v	· · · — —
q	— — — — —	w	· — — —
r	· — ·	x	— · · · —
s ś	· · ·	y	— · — — —
t	—	z, ź, ż	— — — ·

2. Znaki pisarskie.

Kropka (.)	· · · · ·	Znak pytania (?)	· · — — — ·
Przecinek (,)	· — · — — —	Wykrzyknik (!)	— — — · — — —
Średnik (;)	— · — — — ·	Kreska (—)	— — — — —
Dwukropek (:)	— — — — · ·	Cudzysłów („“)	· — · · —
Apostrof (')	· — — — — ·	Nawias ()	— — — — — ·
Kreska ułamek. (/)	— · · · ·	Podkreślenie _____	· · — — — ·

3. Cyfry.

1	· — — — — —	6	— · · · ·
2	· · — — — —	7	— — — · ·
3	· · · — — —	8	— — — — · ·
4	· · · · — —	9	— — — — — ·
5	· · · · ·	0	— — — — — —



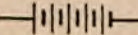
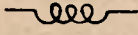
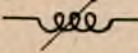
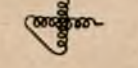

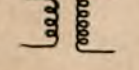
4. Skrócenia umówione.

Zrozumiano	· · · — ·	Początek depeszy	— · — — — —
Otrzymało	· — · — — ·	Znak rozdziału	— — — · —
Omyłka	· · · · · ·	Koniec depeszy	· — — — ·
Czekać	· — · · ·	Koniec koresponden-	
Znak wołania	· · · —	cji	· · · — — —

Metoda słuchowa odbierania sygnałów radiotelegraficznych jest dziś stosowana w większości urządzeń odbiorczych, jakkolwiek istnieją też liczne sposoby mechanicznego odbierania sygnałów, przy pomocy **aparatów notujących**; rozpowszechni-

nienie metody słuchowej tłumaczy się tem, że sygnały odbierane wywołują w aparatach stacji odbiorczej prąd elektryczny nadzwyczajnie słaby; aby pod jego wpływem odpowiednie aparaty mogły notować odbierane sygnały — budowa tych aparatów musi być bardzo dokładna i subtelna. Są one wobec tego drogie i niezbyt w działaniu pewne. Oprócz tego w aparatach odbiorczych zaznaczają się niekiedy bardzo silne zjawiska elektryczne, zachodzące w atmosferze. Przy odbieraniu słuchowem ucho ludzkie z łatwością te przypadkowe dźwięki odróżnia od dźwięku sygnałów właściwych, aparat zaś automatyczny notowałby je tak samo, jak i sygnały odbierane. Odczytanie depeszy stałoby się wtedy utrudnionem, a niekiedy wręcz niemożliwym.

5 OZNACZENIA RADJOTECHNICZNE. W schematach, przytaczanych w dalszym tekście, posługiwać się będziemy szeregiem oznaczeń umówionych, których tablicę poniżej podajemy:

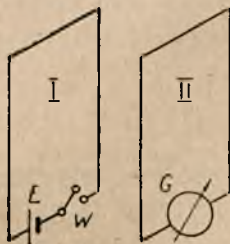
1		prądnica prądu stałego
2		prądnica prądu zmiennego (alternator)
3		baterja ogniw lub akumulatorów
4		cewka o indukcyjności stałej
5		cewka o indukcyjności regulowanej
6		warjometr
7		cewka dławikowa (dławik)
8		transformator bez rdzenia żelaznego

9		transformator ze rdzeniem żelaznym
10		kondensator o pojemności stałej
11		kondensator o pojemności regulowanej (obrotowy)
12		opór omowy stały
13		opór omowy regulowany (opornik)
14		antena
15		uziemiaenie (lub przeciwwaga)
16		lampa katodowa dwuelektrodowa (kenotron)
17		lampa katodowa trójelektrodowa
18		lampa katodowa dwusiatkowa
19		iskiernik
20		detektor
21		mikrofon
22		słuchawka telefoniczna
23		łuk elektryczny
24		klucz telegraficzny

- | | | |
|----|--|--|
| 25 | | przyrząd mierniczy |
| 26 | | wyłącznik |
| 27 | | przełącznik |
| 28 | | połączenie przewodników |
| 29 | | skrzyżowanie przewodników połączonych |
| 30 | | skrzyżowanie przewodników niepołączonych |
| 31 | | zacisk |

I. ZJAWISKA INDUKCJI.

6. PRĄDY INDUKOWANE. Dwa obwody elektryczne I i II (rys. 1) ustawiamy w płaszczyznach wzajemnie do siebie równoległych. Zamykając zapomocą wyłącznika W obwód I, zasilany ogniwem elektrycznym E — zauważymy, iż w chwili zamykania obwodu, galwanometr G, włączony do obwodu II, wskaże pewne krótkotrwałe wychylenie. Również podobne wychylenie, lecz w przeciwnym kierunku, wskaże galwanometr w chwili rozwierania obwodu I. Obserwowane zjawisko wyjaśnia się tem, iż zmiana prądu w obwodzie I wywołująca musi w obwodzie II pewną **siłę elektromotoryczną indukowaną**,



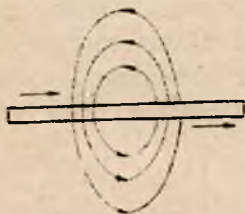
Rys. 1

na, która ze swej strony powoduje w obwodzie II przepływ **prądu elektrycznego**. Doświadczenie stwierdza, iż **prąd indukowany** popłynie w obwodzie II w tym samym kierunku, co i **prąd indukujący** w obwodzie I, jeśli prąd indukujący zmniejsza się, i w kierunku przeciwnym — jeśli prąd indukujący wzrasta.

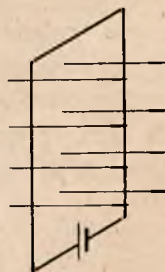
Gdy zaś prąd indukujący posiada wartość stałą — powstawania prądu indukowanego nie zauważymy wcale. Dlatego w opisanem doświadczeniu stwierdziliśmy wychylenia galwa-

nomietru jedynie w chwilach zamykania lub rozwierania obwodu I.

7. POCHODZENIE PRĄDÓW INDUKOWANYCH. Naokoło przewodnika, w którym płynie prąd elektryczny (rys. 2), powstają pierścieniowe **linje sił pola magnetycznego**. Podobnie prąd stały, krążący w pewnym obwodzie zamkniętym, wytworzy linje sił pola magnetycznego w kierunku prostopadłym do płaszczyzny obwodu (rys. 3). Jeśli w polu tem znajdzie się inny przewodnik lub obwód i ilość linii sił pola czyli **natężenie pola magnetycznego** ulega zmianom — to w drugim przewodniku lub obwodzie powstanie indukowana siła elektromotoryczna, jak to stwierdziliśmy w doświadczeniu, opisanem w p. 6.



Rys. 2

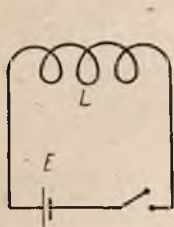


Rys. 3

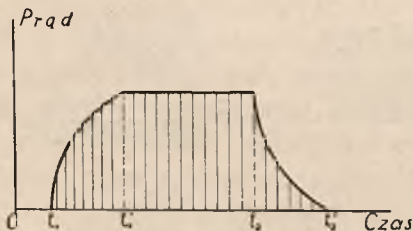
8. INDUKCYJNOŚĆ. Pole magnetyczne, wytwarzane przez dany przewodnik, działa nie tylko na przewodniki sąsiednie zewnętrzne, lecz również na ten sam przewodnik, przez który zostało wytworzone, wywołując w nim również powstawanie **siły elektromotorycznej indukcji**; taka siła elektromotoryczna powstanie w tym wypadku jedynie, gdy pole magnetyczne, wytwarzane przez przewodnik, ulega zmianom. Indukowane w ten sposób prądy posiadają kierunek taki, aby przeszkodzić zmianom, zachodzącym w natężeniu prądu pierwotnego. Zatem w chwili zamykania obwodu, indukowany **prąd zamknięcia** ma kierunek przeciwny względem prądu, zaczynającego płynąć w obwodzie dzięki zamknięciu wyłącznika. Przeciwnie, w chwili przerywania obwodu, powstający w nim

prąd otwarcia ma kierunek zgodny z prądem pierwotnym, ponieważ przedłużając jego trwanie.

Jeśli mamy obwód z indukcyjnością (rys. 4), zasilany przez ogniwo E , to dzięki sile elektromotorycznej indukcji, prąd w obwodzie osiągnie natężenie ustalone (rys. 5) nie w chwili zamykania wyłącznika (t_1), lecz nieco później (t'_1). Również



Rys. 4



Rys. 5

natężenie prądu w obwodzie spadnie do zera nie z chwilą otwarcia wyłącznika (t_2), lecz z pewnym opóźnieniem (t'_2). Siła elektromotoryczna indukcji zależy od właściwości przewodnika czyli od **współczynnika indukcyjności L** przewodnika, oraz od szybkości z jaką zmienia się prąd w przewodniku, czyli

$$E = L \frac{\text{zmiana prądu}}{\text{czas}} \quad (1)$$

Jednostkę indukcyjności, jeden HENR (H), posiada taki przewodnik, w którym powstaje siła elektromotoryczna indukcji o wielkości jednego WOLTA (V) wtedy, gdy natężenie prądu w przewodniku zmienia się o jeden AMPER (A) na sekundę. W praktyce do mierzenia współczynników indukcyjności używa się często jednostek mniejszych, mianowicie CENTYMETRÓW (oznacznie **cm**).

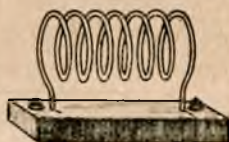
9. CEWKI INDUKCYJNE. W urządzeniach radjotechnicznych przewodniki o znacznych współczynnikach indukcyjności spotykane są w postaci t. zw. **cewek indukcyjnych**, w których przewodnik nawinięty jest w jednej lub kilku warstwach. Kształty cewek i sposób nawinięcia przewodnika bywają najróżnorodniejsze.

W stacjach nadawczych spotyka się przeważnie 2 typy cewek: **cewki cylindryczne** lub **zwojnice** (rys. 6 i 7), oraz **cewki spiralne płaskie** (rys. 8).

W stacjach odbiorczych natomiast, oprócz cewek cylindrycznych (rys. 6) spotyka się ponadto **cewki koszykowe** (rys. 9), które są odmianą cewek spiralnych, oraz najbardziej popularne t. zw. **cewki komórkowe** (rys. 10).



Rys. 6

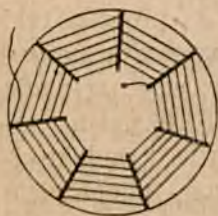


Rys. 7

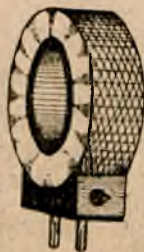


Rys. 8

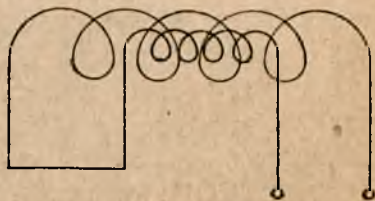
Oprócz wspomnianych wyżej cewek o indukcyjności stałej, spotyka się również cewki o indukcyjności regulowanej w sposób ciągły nazywane **warjometrami**. Są to zazwyczaj dwie cewki jednego typu połączone ze sobą jednym końcem i umieszczone w pobliżu siebie, lub jedna wewnątrz drugiej (rys. 11), przyczem jedna z nich może zmieniać położenie względem drugiej przez obracanie jej około swej osi poprzecz-



Rys. 9



Rys. 10



Rys. 11

nej, lub przez zbliżanie i oddalanie. Jeśli prąd obiega obie cewki warjometru w tym samym kierunku, to indukcyjność warjometru jest większą od sumy indukcyjności obu cewek, a w przeciwnym wypadku jest mniejszą.

10. INDUKCYJNOŚĆ I BEZWŁADNOŚĆ. Przy badaniu ruchu ciał w mechanice spotykamy pewną właściwość, najzu-

pełniej podobną do indukcyjności, jako właściwości elektrycznej przewodników.

Aby wywołać ruch ciała z ustaloną szybkością, trzeba na ciało to wywrzeć działanie pewnej przyczyny zewnętrznej, nazywanej **siłą**. Po rozpoczęciu działania siły ciało nabiera szybkości ustalonej nie odrazu, lecz po upływie pewnego czasu. Jeśli w tramwaju elektrycznym motorowy uruchomi silnik w momencie t_1 (rys. 5), to ustaloną szybkość tramwaj osiągnie nie natychmiast, lecz stopniowo, w ciągu czasu od t_1 do t'_1 : podobnież zatrzymanie silnika w momencie t_2 , gdy tramwaj posuwa się już z ustaloną szybkością, nie spowoduje natychmiastowego wstrzymania ruchu tramwaju: nastąpi ono dopiero w chwili t'_2 , gdy szybkość, zmniejszająca się stopniowo w ciągu czasu od t_2 do t'_2 , spadnie wreszcie do zera.

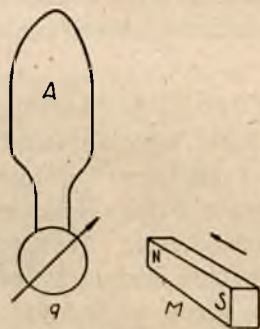
Właściwość przewodników elektrycznych, nazywana **indukcyjnością**, wpływa w analogiczny sposób na prąd elektryczny w przewodnikach, w momentach zmiany natężenia prądu, jak bezwładność na ruch ciał w momentach zmiany szybkości ruchu; — indukcyjność posiada zatem swój odpowiednik w zjawiskach mechanicznych, nazywany bezwładnością.

11. **INDUKCJA WZAJEMNA**. Wpływ jednego przewodnika na drugi, zaznaczający się wywoływaniem przez zjawiska zachodzące w jednym z nich, — indukowanej siły elektromotorycznej w drugim przewodniku — nazywamy **indukcją wzajemną** między przewodnikami. Współczynnik indukcyjności wzajemnej, który oznaczać będziemy przez **M**, posiada wartość równą jednostce, jeżeli w jednym z przewodników powstaje siła elektromotoryczna indukowana o wartości jednego WOLTA, gdy natężenie prądu w drugim przewodniku zmienia się o jeden AMPER na sekundę. Współczynnik indukcyjności wzajemnej (**M**) mierzy się w tych samych jednostkach, co i współczynnik indukcyjności (**L**) t. j. w HENRACH lub w CENTYMETRACH.

II. MASZYNY ELEKTRYCZNE I TRANSFORMATORY.

12. ZASADA BUDOWY MASZYN ELEKTRYCZNYCH.

W doświadczeniach, opisanych w p. 6., prąd indukowany powstawał dzięki zmianom, zachodzącym w polu magnetycznym. Pole to wytwarzał prąd płynący w przewodniku sąsiednim. Z takim samym skutkiem do wytwarzania prądów indukowanych zastosować możemy **magnes stały** lub **elektromagnes**. Jeśli do obwodu zamkniętego **A** z galwanometrem **g** (rys. 12), zbliżyć będziemy sztabkę magnesu, stałego **M**, to linie sił pola magnetycznego magnesu, przecinając obwód, wywołają w przewodniku prąd indukowany: stwierdzi

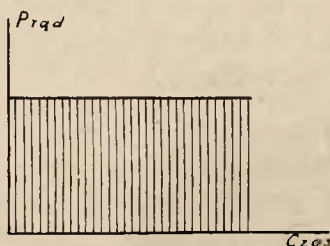


Rys. 12

to wychylenie wskazówki galwanometru. Działając w ten sam sposób i w tym samym kierunku na obwód innym biegunem magnesu — wytworzymy prąd indukowany przeciwnego kierunku, co stwierdzi wychylenie wskazówki galwanometru w kierunku odwrotnym. Stąd wypływa zasada budowy **dynamomaszyn** czyli **prądnic elektrycznych**, służących do wy-

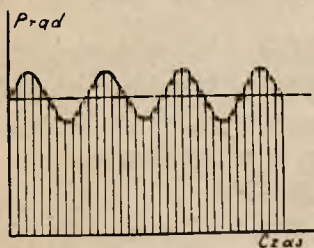
tworzenia prądów (przetwarzanie energii mechanicznej na elektryczną), jak również **silników elektrycznych** (przetwarzanie energii elektrycznej na mechaniczną): poruszając przewodnik w polu magnetycznym wytwarzamy **prąd elektryczny** (prądnicą), zaś mając przewodnik z prądem w polu magnetycznym, — wytworzyć możemy **ruch mechaniczny** (silnik).

13. **PRĄD STAŁY I ZMIENNY.** Płynący w przewodniku prąd elektryczny w istocie swej stanowi przenoszenie elektryczności. Jeśli ilość elektryczności przenoszona w stałym kierunku, w ciągu jednostki czasu zachowywać będzie wartość stałą — t. j. gdy **natężenie prądu** pozostaje bez zmiany, — do czynienia mamy z **prądem stałym** w ścisłym słowa znaczeniu. Prąd taki posiada stały kierunek i stałe natężenie. Wykres podobnego prądu przedstawia rys. 13.



Rys. 13

Prąd o stałym kierunku, lecz o natężeniu niestalem nazywać będziemy **prądem tętniącym** (rys. 14 i 15). Natomiast prąd periodycznie zmieniający nie tylko natężenie, lecz i kierunek, nazywa się **prądem zmiennym** (rys. 16). Największa



Rys. 14

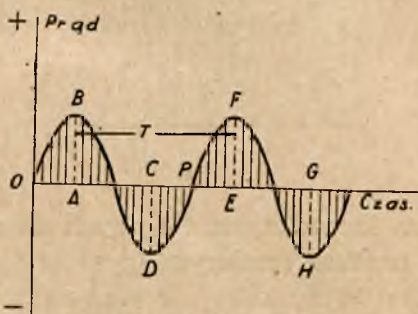


Rys. 15

wartość chwilowa prądu nosi nazwę **amplitudy** prądu zmiennego. Przeciąg czasu jaki upływa od pewnej chwili, aż do chwili w której prąd przybierze napowrót tę samą wartość i kierunek (A-E), lub też czas dzielący dwie wartości zerowe, które mijają prąd, zmieniając się w tym samym kierunku (OP), nazywać będziemy **okresem prądu zmiennego**, oznaczać przez **T** i mierzyć w SEKUNDACH. **Częstotliwością** prądu zmiennego, oznaczoną przez **f**, nazywa się ilość okresów, przypadająca na sekundę; stąd:

$$f = \frac{1 \text{ okr.}}{T} \quad \Bigg| \quad \text{sek.} \quad (2)$$

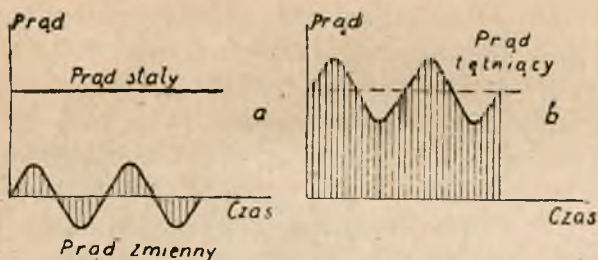
W elektrotechnice przemysłowej najczęściej spotykamy prądy zmienne o **częstotliwości małej**, normalnie wynoszącej 50 okresów na sekundę. W radiotechnice natomiast będziemy mieli do czynienia przeważnie z prądami zmiennymi **wielkiej częstotliwości**, rzędu niekiedy kilkuset tysięcy lub nawet wielu milionów okresów na sekundę.



Rys, 16

14. ROZKŁAD PRĄDU TĘTNIACEGO. W radiotechnice spotyka się często przepływające przez wspólny obwód równocześnie prąd stały i prąd zmienny (rys. 17a). W wypadku tym obydwie prądy zsumują się, a w rezultacie w obwodzie tym popłynie prąd tętniący (rys. 17b).

Zjawisko to, przy pomocy pewnych urządzeń może stać się odwracalnym, to znaczy, że prąd tętniący możemy rozłożyć

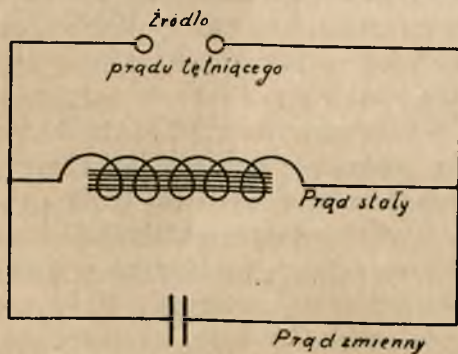


Rys. 17

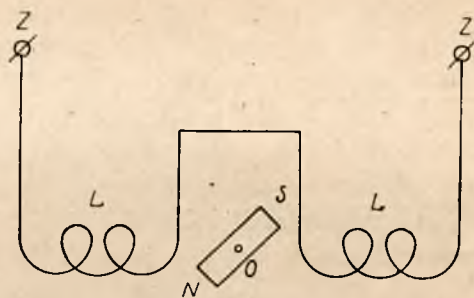
na prąd stały i na prąd zmienny. Otrzymany w ten sposób prąd stały tworzy t. zw. **składową stałą** prądu tętniącego, a prąd zmienny — **składową zmienną** prądu tętniącego (rys. 17a).

By prąd tętniący rozłożyć na jego składowe, — obwód, przez który prąd ten przepływa, trzeba rozgałęzić. Do jednej z gałęzi włącza się dławik, stawiający dość dużą oporność dla prądu zmiennego, a stosunkowo nieznaczną dla prądu stałego — przez gałąź tę przepłynie składowa stała prądu tętniącego. Do drugiej natomiast gałęzi włącza się kondensator (rys. 18), który prądu stałego nie przepuszcza; przez tę drugą gałąź przepłynie więc tylko składowa zmienna.

15. MASZYNY PRĄDU ZMIENNEGO. Zasadę działania maszyn, wytwarzających prąd zmienny, wyobraża rys. 19. Magnes stały (N i S oznaczają jego bieguny) obraca się z szyb-



Rys. 18



Rys. 19

kością stałą naokoło osi **O** przy pomocy silnika mechanicznego. Zwoje odpowiednio umieszczonych cewek **L** i **L** dzięki ruchowi obrotowemu magnesu **NS** będą przez linie sił pola magnetycznego periodycznie przecinane, wskutek czego staną się one siedliskiem zmiennej siły elektromotorycznej indukowanej, wytwarzającej na zaciskach **z z** zmienną różnicę potencjałów. Wielkość tej różnicy potencjałów w układzie danym zależy wyłącznie od szybkości obrotowej magnesu.

Wykres siły elektromotorycznej, indukowanej w podobny sposób, przedstawia rys. 16. Maszyny wytwarzające prądy zmienne noszą ogólną nazwę **alternatorów**. Prąd zmienny otrzymany z alternatora nosi nazwę **sinusoidalnie zmiennego**, lub **prądu sinusoidalnego**; nazwa ta pochodzi od krzywej t. zw. sinusoidy wyobrażającej ten prąd na wykresie (rys. 16).

Pole magnetyczne w alternatorach wytwarza się zwykle nie przez magnesy stałe, lecz przez silniejsze od nich **elektromagnesy**, utworzone przez rdzeń żelazny owinięty drutem, w którym płynie prąd stały. Prąd ten nazywa się w tym wypadku **prądem wzbudzającym**, gdyż służy do wzbudzania pola magnetycznego. Uzwojenie cewek **L** i **L** na rys. 19 nazywać będziemy **uzwojeniem twornikowym** maszyny. Część ruchomą (w danym wypadku magnes stały **NS**) nazywamy **wirnikiem**, zaś część nieruchomą (w danym wypadku posiadającą uzwojenie twornikowe) — **statorem**.

Maszyny prądu zmiennego mogą posiadać nie jeden magnes dwubiegunowy, lecz większą ich ilość. Aby wytworzyć siłę

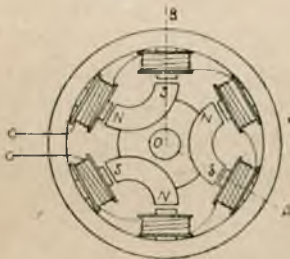
elektromotoryczną takiej samej częstotliwości, jak w wypadku poprzednim, — maszynę wielobiegunową obracać można z odpowiednio mniejszą szybkością, a to dlatego, że w takiej maszynie (rys. 20) część obrotu wirnika (kąąt AOB) odpowiada całemu obrotowi wirnika maszyny dwubiegunowej.

Częstotliwość f prądu, wytwarzanego przez alternator, zależy od dwóch czynników, a mianowicie od:

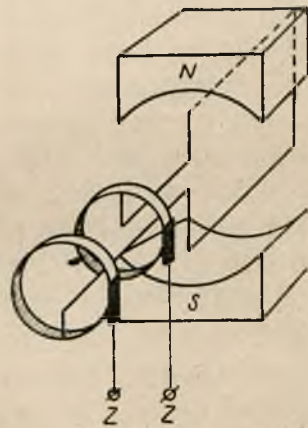
1. szybkości obrotowej wirnika (n obr./min.),
2. ilości jego biegunów ($2p$) i wyraża się wzorem:

$$f = \frac{p \cdot n}{60} \quad (3)$$

Prąd zmienny można też wytworzyć zapomocą maszyny, posiadającej ruchome uzwojenie twornikowe (twornik), a nieruchome elektromagnesy, umieszczone na kadłubie.



Rys. 20



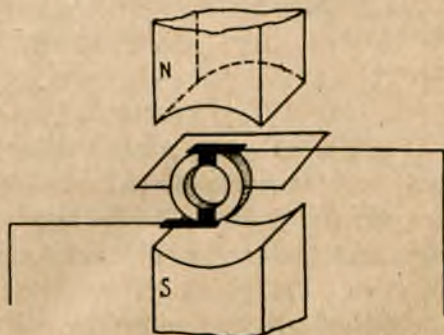
Rys. 21

Oczywiście, w takim układzie indukowana siła elektromotoryczna zostanie wytworzona dzięki przecinaniu nieruchomego w tym wypadku pola magnetycznego elektromagnesów przez przewodniki twornika podczas jego ruchu obrotowego. Schematycznie maszynę taką wyobraża rys. 21. Dostarczając prądu wzbudzającego ze źródła obcego i obracając twornik w wytworzonym w ten sposób polu magnetycznym

elektromagnesów N i S — na zaciskach z z otrzymamy napięcie zmienne. Osiąga ono swe amplitudy wtedy, gdy twornik znajduje się w płaszczyźnie kierunku pola magnetycznego (przecinanie linii przez przewodnik jest największe), i przechodzi przez wartości zerowe w chwilach, gdy płaszczyzna twornika jest prostopadłą do kierunku pola (przecinania niema). Jest rzeczą widoczną, że przez czas trwania jednego obrotu siła elektromotoryczna dwa razy przejdzie przez swe wartości zerowe, osiągając też jedną amplitudę dodatnią i jedną ujemną. Innymi słowy, w ciągu jednego obrotu maszyna dwubiegunowa da jeden okres zmiennej siły elektromotorycznej.

Rozumując podobnie, maszyna wielobiegunowa da tyle okresów w ciągu jednego obrotu wirnika, ile par biegunów posiadają elektromagnes.

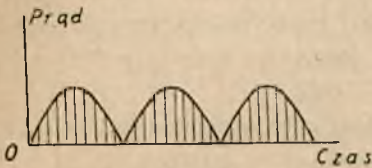
16. MASZYNY PRĄDU STAŁEGO. Pierścienie ślizgowe na rys. 21 zamienimy przez jeden pierścień o 2-ch połówkach, wzajemnie od siebie odizolowanych (rys. 22). W takim razie, w tych chwilach, gdy indukowana siła elektromotoryczna, mijając swą wartość zerową, zmieniać będzie kierunek, szczotki maszyny przejdą z jednej z izolowanych połówek pierścienia ślizgowego na drugą i siła elektromotoryczna maszyny nie zmieni kierunku: jeden obrót maszyny da siłę elektromotoryczną o wykresie, wskazanym na rys. 23, t. j. **siłę elektromotoryczną tętniącą**. Budowane na tej zasadzie maszyny prądu stałego posiadają wiele cewek w tworniku i t. zw. **kolekto-**



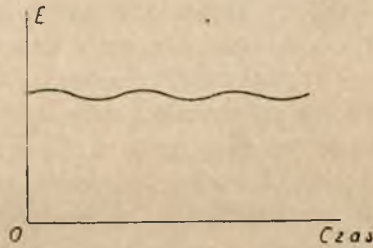
Rys. 22

ry ślizgowe, utworzone przez odpowiednią ilość płytek miedzianych, wzajemnie od siebie odizolowanych. Do każdych przeciwległych sobie dwóch płytek kolektora przymocowane są końce jednej cewki twornika. Kolektor posiada więc tyle par płytek, zwanych również **działkami kolektora**, z ilu cewek składa się twornik.

Powstająca ciła elektromotoryczna maszyny stanowi sumę szeregu poszczególnych sił elektromotorycznych tętniących indukowanych w pojedynczych cewkach i posiada wykres o charakterze zlekką tętnącym (rys. 24). Wahania jednak wypadkowej siły elektromotorycznej są tak nieznaczne, że napięcie wytwarzane przez podobną maszynę może być uważane praktycznie za stałe.



Rys. 23



Rys. 24

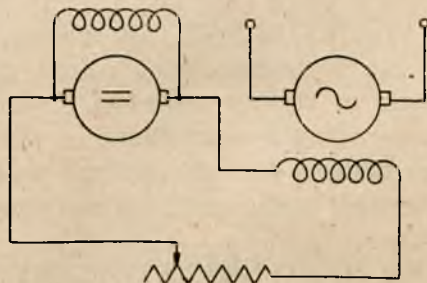
17. MASZYNY INDUKTOROWE. Alternatory wielkiej częstotliwości spotykane w radjotechnice należą przeważnie do typu **induktorowego**, to znaczy posiadają obydwa uzwojenia (wzbudzające i twornikowe) nieruchome, a wirnik w kształcie masy żelaznej takiego kształtu, że pod wpływem prądu płynącego po uzwojeniu wzbudzającym, na wirniku powstają bieguny magnetyczne.

18. WZBUDZANIE MASZYN ELEKTRYCZNYCH. Do wzbudzenia pola magnetycznego w maszynach elektrycznych używamy prądu stałego, dostarczanego przy maszynach prądu zmiennego przez źródło obce. Natomiast maszyny prądu stałego mogą posiadać **wzbudzenie własne**, czyli w maszynach takich do uzwojenia elektromagnesów odgałęzia się część prądu, wytwarzanego przez samą maszynę. Początkowo ma-

szyna wytwarza napięcie na zaciskach dzięki **magnetyzmowi szczałkowemu** elektromagnesów, który zawsze istnieje. Wytworzony w ten sposób słaby prąd wzbudający potęguje pole magnetyczne, powodując temsamem wzmocnienie siły elektromotorycznej maszyny, a więc też i własnego natężenia. Trwa to dopóty, dopóki siła elektromotoryczna nie osiągnie wartości ustalonej, co nastąpi z chwilą nasycenia magnetycznego żelaza elektromagnesów. Ten rodzaj wzbudzania nosi nazwę **wzbudzania równoległego** lub **bocznikowego**.

Niektóre prądnice prądu stałego mogą mieć t. zw. **wzbudanie własne szeregowe**. W tym wypadku uzwojenie wzbudzające jest połączone szeregowo z uzwojeniem twornikowym, wskutek czego całkowity prąd dostarczany przez prądnicę przepływa przez uzwojenie twornikowe, które wobec tego musi być sporządzone z grubego drutu, by możliwie najbardziej zredukować całkowitą oporność obwodu. Przeciwnie przy wzbudzaniu bocznikowym, tylko część prądu ma przepływać przez uzwojenie wzbudzające, jest więc ono sporządzone z drutu odpowiednio cienkiego.

W radjotechnice zastosowanie mają prądnice prądu stałego przeważnie o wzbudzaniu bocznikowym.

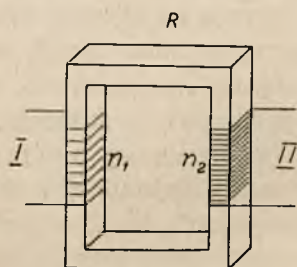


Rys. 25

Alternatory stosowane w radjotechnice, zwykle na osi swej posiadają niewielki twornik prądu stałego, a w kadłubie odpowiedni układ wzbudzający, czyli **prądnicę wzbudzającą**. Prądnica ta dostarcza prądu stałego do uzwojenia wzbudzają-

cego alternatora (rys. 25). Przy pewnej stałej szybkości alternatora, napięcie jego reguluje się przy pomocy regulowania natężenia prądu wzbudzającego. W tym celu obwód wzbudzający każdego alternatora posiada zawsze opornik z dokładną regulacją oporności.

19. TRANSFORMATORY. W elektrotechnice wogóle, a w radjotechnice w szczególności, nader często zachodzi potrzeba stosowania prądów zmiennych o tak wysokim napięciu, że alternatory same przez się nie nadają się do jego wytwarzania; jakkolwiek istnieją alternatory bezpośrednio dostarczające prądu zmiennego o wysokim napięciu, to jednak budowa i obsługa takich alternatorów nastrecza wiele trudności. Natomiast zadanie to rozwiązują w zupełności przyrządy do przetwarzania prądów zmiennych na inne napięcia, czyli tak zwane **transformatory**.



Rys. 26

Schemat transformatora widzimy na rys. 26. Zasadnicze części jego stanowią dwa uzwojenia (I i II) oraz rdzeń żelazny (R), na którym są nawinięte uzwojenia. Jeśli końce uzwojenia I, posiadającego n_1 zwojów (nazwiemy je **uzwojeniem pierwotnym**) połączymy ze źródłem prądu zmiennego o sile elektromotorycznej E_1 , to powstający w rdzeniu strumień magnetyczny przecinać będzie zwoje **uzwojenia wtórnego II**, posiadającego n_2 zwojów. W uzwojeniu wtórnym powstanie dzięki temu indukowana siła elektromotoryczna E_2 , przyczem

$$E_2 = E_1 \cdot \frac{n_2}{n_1} \quad (4)$$

Wynika stąd, że przy pomocy transformatora potęgować można dowolnie napięcie prądu zmiennego, dobierając odpowiednio ilości zwojów jego uzwojeń. Stosunek $\frac{n_2}{n_1}$ nosi nazwę **współczynnika transformacji** zwanego często **przekładnią**.

Ponieważ moc elektryczna uzyskana na zaciskach uzwojenia nie może być większą od mocy doprowadzonej do transformatora (do uzwojenia pierwotnego), uzyskane więc spotęgowanie napięcia w transformatorze odbywa się kosztem natężenia prądu w uzwojeniu wtórnem.

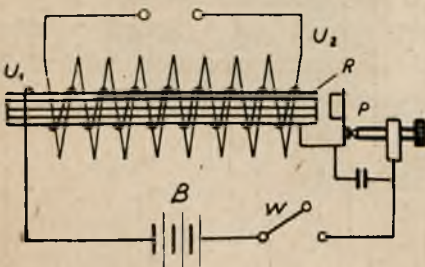
Oczywiście, transformatory mogą być stosowane nie tylko do **potęgowania**, lecz również do **zniżania** napięcia prądu zmiennego: w ostatnim wypadku uzwojenie pierwotne winno posiadać większą ilość zwojów, niż uzwojenie wtórne.

20. CEWKA INDUKCYJNA RUHM KORFF'A. Jakkolwiek transformatory stanowią przyrządy nader dogodnie do przetwarzania prądów zmiennych na wyższe napięcia — to jednak niezawsze rozporządzamy źródłem prądu zmiennego; w podobnych wypadkach używać można **cewki indukcyjnej Ruhmkorff'a**, dzięki której prąd stały o niskiem napięciu daje się łatwo przetworzyć na prąd zmienny o napięciu wysokiem.

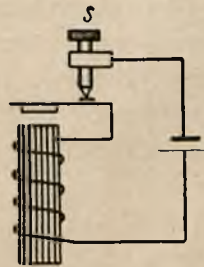
Zasadnicze części cewki indukcyjnej Ruhmkorff'a (rys. 27) są następujące: 1) rdzeń żelazny **R**; 2) uzwojenie pierwotne n_1 składające się z niewielkiej ilości zwojów grubego drutu; 3) uzwojenie wtórne n_2 , składające się z dużej ilości zwojów drutu cienkiego; 4) przerywacz elektromagnetyczny **P**. Gdy zasilać będziemy uzwojenie pierwotne przyrzędu prądem z baterji **B**, — rdzeń **R** stanie się magnesem i przyciągnie młoteczek przerywacza **P**, przerywając w ten sposób obwód zasilający. Wskutek tego elektromagnes straci swoje własności magnetyczne, a młoteczek przerywacza powróci do swej pozycji pierwotnej (dzięki umocowaniu na sprężynce), zamykając ponownie obwód zasilający. Zjawisko to będzie w opisany sposób powtarzać się dopóty, dopóki bateria zasila obwód pierwotny. Innemi słowy, zamykając wyłącznik **w**, wprawiamy młoteczek przerywacza w ciągły ruch drgający, posyłając do uzwojenia pierwotnego krótkotrwałe impulsy prądu stałego.

Dzięki ostatniej przyczynie, rdzeń przyrządu będzie się periodycznie namagnesowywał i roznamagnesowywał, czyli strumień magnetyczny w rdzeniu ulegać będzie periodycznym zmianom od zera do pewnej wartości maksymalnej i od tej wartości znowu do zera. Powyższe zmiany wartości strumienia magnetycznego wywoływać będą w uzwojeniu wtórnym powstawanie indukowanej zmiennej siły elektromotorycznej, której amplituda, dzięki dużej ilości zwojów uzwojenia wtórnego, osiągać będzie znaczne wartości. A wobec tego, że strumień magnetyczny zmienia się z większą szybkością w kierunku zmniejszania (przerwanie obwodu przez przyciąganie młoteczka przerywacza), niż w kierunku wzrastania (zamykanie obwodu, przez odskakowanie młoteczka), — amplitudy siły elektromotorycznej pewnego znaku osiągać będą wartości znacznie większe, niż amplitudy znaku przeciwnego. Częstotliwość siły elektromotorycznej indukowanej w uzwojeniu wtórnym zależy oczywiście od częstotliwości przerywania obwodu pierwotnego przez przerywacz. Regulacja częstotliwości zatem odbywa się za pomocą regulowania sprężyny przerywacza.

21. BRZĘCZYK. W radjotechnice, przy najrozmaitszych pomiarach i sprawdzaniu aparatów zachodzi często potrzeba wzniesienia bardzo słabych prądów zmiennych o dużej stosunkowo częstotliwości. Do tego celu używamy przerywacza elektromagnetycznego, w zasadzie zupełnie podobnego do przerywacza cewki indukcyjnej Ruhmkorff'a, posiadającego tylko odpowiednio subtelną budowę i dokładną regulację czę-



Rys. 27



Rys. 28

stotliwości wytwarzanych przerywań. Przyrząd taki, nazywany **brzęczykiem** (dzięki charakterowi wytwarzanego dźwięku), jest schematycznie przedstawiony na rys. 28. Częstotliwość przerw, a więc i **ton** wytwarzanego dźwięku, daje się z łatwością regulować zapomocą śrubki **S**. Dzięki działaniu przerywacza, w obwodzie brzęczyka powstaje słaby prąd drgający, który drogą indukcyjną lub bezpośrednio może być przeniesiony do obwodu badanego.

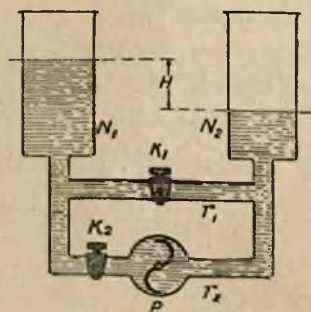
22. PRZETWORNICE. Do przetwarzania prądów stałych na prądy zmienne (lub odwrotnie), stosowane są transformatory maszynowe, nazywane **przetwornicami**. Przetwornicę stanowi zespół, składający się z dwóch maszyn elektrycznych. Jedna z nich pracuje jako silnik obracający drugą maszynę, pracującą w charakterze prądnicy. Pierwszą zasilamy prądem który przetworzyć pragniemy — druga dostarcza prądu, już przetworzonego.

Inny rodzaj przetwornic ma za zadanie przetwarzanie prądów stałych o niskim napięciu, na prądy również stałe o napięciu wysokim. Budowa tych przetwornic jest podobną do przetwornic poprzednich, zachodzi jedynie ta różnica, że w pierwszym wypadku prądnica jest alternatorem, a w drugim — prądnicą prądu stałego.

Przetwornice te w ostatnich czasach mają coraz to większe zastosowanie w radjotelegrafii wojskowej; mogą one również pracować jako **prądnice dwukolektorowe** prądu stałego dostarczające dwóch różnych prądów: o wysokim i niskim napięciu. W tym ostatnim wypadku, prądnica dwukolektorowa musi być poruszana zapomocą specjalnego silnika, lub też w lotnictwie za pomocą specjalnego śmigła (n. p. śmigła systemu Drzewieckiego). W tego rodzaju przetwornicach rolę silnika przetwornicy odgrywa uzwojenie niskiego napięcia prądnicy dwukolektorowej.

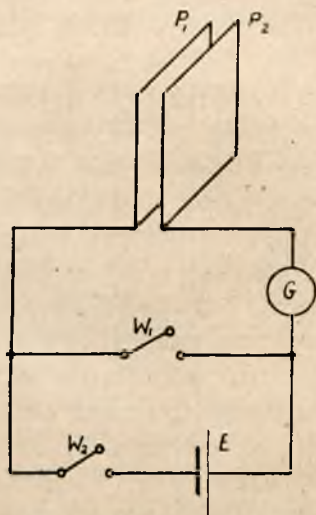
III. POJEMNOŚĆ ELEKTRYCZNA.

23. ANALOGJA HYDRAULICZNA. W celu wyjaśnienia istoty pojemności elektrycznej użyjemy następującego przykładu (rys. 29). Mamy dwa naczynia N_1 i N_2 , napełnione wodą i połączone zapomocą rurek r_1 i r_2 opatrzonych kranami K_1 i K_2 . Do rurki r_2 włączamy pompkę turbinową P . Otwierając kran K_1 — równamy poziomy wody w naczyniach, a następnie, po zamknięciu kranu K_1 i otwarciu K_2 — wprawiamy w ruch pompkę P . Dzięki ciśnieniu pompki wytworzy się różnica poziomów cieczy (H), ilościowo zależna od wielkości ciśnienia wytwarzanego przez pompkę: pewna ilość cieczy zatem przepływa z naczynia N_2 do naczynia N_1 . Jeśli teraz zamkniemy kran K_2 i otworzymy kran K_1 — to nadmiar wody przepłynie z naczynia N_1 do naczynia N_2 z powrotem i poziomy zostaną zrównane.



Rys. 29

Zupełnie analogiczne zjawisko obserwujemy w następującym układzie elektrycznym (rys. 30): P_1 i P_2 — oznaczają dwie płyty metalowe, umieszczone blisko względem siebie w płaszczyznach równoległych. Przy zwieraniu wyłącznika W_2 zauważymy krótkotrwałe wychylenie galwanometru G , stwierdzające, iż pewna ilość elektryczności przepłynęła w określonym kierunku, od płyty P_2 do płyty P_1 . Wywołała to siła elektromotoryczna ogniwa E , odpowiadająca ciśnieniu pompy w poprzednim przykładzie. Jeśli teraz otworzymy wyłącznik



Rys. 30

W_2 i zamkniemy wyłącznik W_1 (otwieramy kran K_2) — galwanometr wskaże podobne wychylenie w kierunku odwrotnym: stwierdza to, iż taka sama ilość elektryczności przepłynęła teraz z powrotem, t. j. od płyty P_1 do płyty P_2 , i potencjały elektryczne obydwu płyt zostały zrównane (poziomy cieczy się zrównały).

24. POJEMNOŚĆ KONDENSATORA. Jak widzimy z p. 23 układ dwu płyt P_1 i P_2 posiada zdolność do utrzymywania pewnej ilości elektryczności; zdolność tę będziemy nazywać **pojemnością elektryczną**, a układ, posiadający pojemność —

kondensatorem. Proces wytwarzania różnicy potencjałów między okładkami kondensatora nosi nazwę jego **ładowania**; proces, zachodzący w kierunku odwrotnym t. j. wyrównania potencjałów — **wyładowywania**. Jednostkę pojemności, nazywaną **FARADEM (F)**, posiada taki kondensator, różnica potencjałów (**V**) na okładkach którego wynosi jeden WOLT wtedy, gdy ładunek kondensatora (**Q**) równa się jednemu KULOMBOWI (KULOMB stanowi jednostkę ilości elektryczności. Jeśli przez przekrój przewodnika przepływa jeden KULOMB w ciągu sekundy, to natężenie prądu w przewodniku równa się jednemu AMPEROWI). Pomiedzy pojemnością kondensatora **C** a wielkościami **V** i **Q** zachodzi stosunek następujący

$$C = \frac{Q}{V} \quad (5)$$

W praktyce pojemności mierzymy najczęściej w milionowych częściach FARADA, tak zwanych **MIKROFARADACH (μF)** lub też w mniejszych o wiele jednostkach — **CENTYMETRACH (cm)**

$$1 \text{ cm.} = \frac{1}{900.000} \mu F$$

25. **DIELEKTRYK KONDENSATORA.** Dwa przewodniki elektryczne, oddzielone od siebie warstwą izolacyjną, stanowią kondensator. Pojemność kondensatora zależy od właściwości warstwy izolacyjnej nazywanej **dielektrykiem**; jeśli rolę dielektryka odgrywa powietrze, to pojemność jest najmniejszą; takiej samej grubości szkło da pojemność 4 do 6 razy większą (w zależności od gatunku szkła). Pojemność dwukrotnie większą w stosunku do kondensatora z powietrzem da kondensator z papierem parafinowym w charakterze dielektryka.

25. **OBLICZANIE POJEMNOŚCI.** Dla kondensatorów płaskich, składających się z dwu płyt metalowych o powierzchni **S** cm² każda i oddzielonych warstwą dielektryka o grubości **d** cm, — pojemność (w cm.) obliczyć można według następującego wzoru:

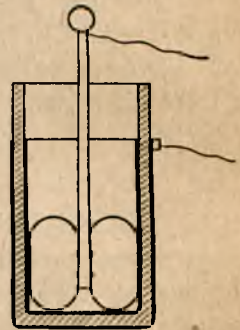
$$C = \frac{k \cdot S}{4 \pi d} \quad (6)$$

w którym współczynnik k nosi nazwę **stałej dielektrycznej** i dla powietrza równa się jedności. Dla wszystkich innych dielektryków, stała dielektryczna jest większą od jedności.

27. RODZAJE KONDENSATORÓW. Kondensatory w stacjach radiotelegraficznych tak nadawczych, jak też i odbiorczych, należą do przyrządów bardzo ważnych. W stacjach nadawczych, ze względu na duże ilości energii i znaczne napięcia, stosowane są kondensatory z **dielektrykiem sztucznym**, a więc ze szkłem, papierem parafinowanym lub mika najczęściej. Są to zwykle kondensatory **płaskie**, czyli **płytkowe** (rys. 31), składane w **baterje** i łączone równolegle. Kondensatory szklane coraz rzadziej spotykamy w kształcie **butelek lejdejskich**: stanowią one naczynia szklane, ze strony wewnętrznej



Rys. 31



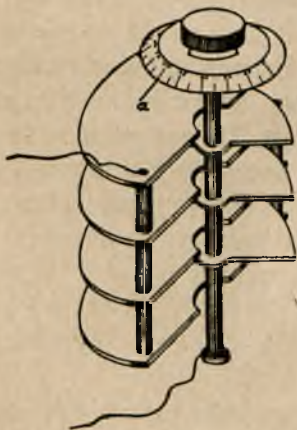
Rys. 32

i zewnętrznej oklejone cynfolją (rys. 32). W stacjach odbiorczych oprócz kondensatorów płaskich spotykamy ponadto **kondensatory rurkowe** posiadające kształt małych rurek, wewnątrz których dwie taśmy cynfolji, stanowiące dwie okładki kondensatora, są odizolowane między sobą i od zewnętrznej strony trzema taśmami papieru parafinowanego, odgrywającego rolę dielektryka, oraz zwinięte spiralnie.

Pozatem w stacjach odbiorczych niemal zawsze spotykamy

kondensatory, których pojemność daje się dokładnie regulować. Kondensatory takie, nazywane **obrotowemi**, składają się z dwu części, od siebie odizolowanych. Jedna z tych części jest nieruchomą, a druga, przeciwnie, może się obracać zapomocą rączki; każda zaś część składa się z układu metalowych płytek o kształcie półkolistym (rys. 33 i 34). Pojemność kondensatora obrotowego będzie tem większą, im większa część powierzchni płytek układu ruchomego wejdzie pomiędzy płytki układu nieruchomego.

Zewnątrz kondensatora obrotowego znajduje się, przymocowana do osi ruchomej kondensatora, t. zw. **tarcza kondensatora** (rys. 33), cechowana zazwyczaj w stopniach kątowych (od 0° do 180°) w taki sposób, że gdy pojemność kondensatora jest najmniejszą (wszystkie płytki ruchome znajdują się zewnątrz płytek nieruchomych), czyli gdy istnieje tylko **pojemność początkowa** kondensatora, to przy kresce „a“, znajdującej się zewnątrz tarczy, ustawia się 0° tarczy, a gdy pojemność kondensatora jest największą (cała powierzchnia płytek ruchomych znajduje się między płytkami nieruchomymi), to przy kresce „a“ ustawia się podziałka tarczy oznaczona 180° . Zamiast tarczy i kreski zewnętrznej „a“, kondensator może posiadać ruchomą wskazówkę przymocowaną do osi konden-



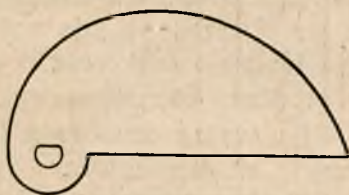
Rys. 33



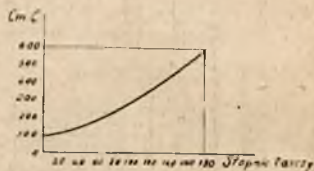
Rys. 34

satora i skalę zewnętrzną również skalowaną do 180° (rys. 34). W obydwu wypadkach każdemu stopniowi tarczy lub skali odpowiada pewna pojemność kondensatora zwiększająca się wraz ze zwiększaniem stopnia, na jaki tarcza lub strzałka zostaje ustawiona.

Stwierdzić się jednak daje, że w kondensatorach obrotowych o płytkach półkolistych, pojemność kondensatorów zmienia się proporcjonalnie do stopni tarczy, co powoduje, że częstotliwość obwodu drgań, w skład którego podobny kondensator wchodzi (patrz p. 34) zmienia się nieproporcjonalnie (krzywoliniwnie) do stopni tarczy, co w niektórych wypadkach przedstawia pewną niedogodność, dlatego też gdy chodzi o otrzymanie równomierności zmian częstotliwości drgań obwodu względem stopni tarczy, stosuje się kondensatory o płytkach w kształcie sierpa.



Rys. 35

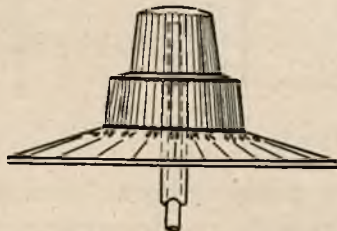


Rys. 36

Dla celów praktycznych (dla stacyj odbiorczych) fabrykuje się również t. zw. **kondensatory nerkowe**, w których kształt płytek przedstawiony jest na rys. 35, posiadające tę własność, że istnieje w nich zależność prostolinijna stopni tarczy lub skali od kwadratu pojemności. W tym wypadku zależność pozostaje również prostoliniwną między stopniami tarczy lub skali a długością fali obwodu drgań, w skład którego wchodzi dany kondensator (patrz rozdział IV). Zależność pojemności od stopni tarczy kondensatora, jest w tym wypadku krzywoliniwną, co nam przedstawia rys. 36.

Kondensatory obrotowe ze zwykłą tarczą lub skalą posiadają tę niewygodę, że dokładna ich regulacja jest utrudniona;—

przy możliwie najmniejszym nawet obrocie osi kondensatora, pojemność jego zmieniać się może w stosunkowo dość szerokich granicach. To też celem dokładnej regulacji pojemności kondensatora, stosuje się **precyzery** lub **demultiplikatory**, których dwie następujące odmiany spotykane są najczęściej: jedna z płytek ruchomych kondensatora przymocowana jest do specjalnej osi przebiegającej wewnątrz osi głównej (rys. 37), tak,



Rys. 37

że oś tę można obracać niezależnie od osi głównej zakończonej tarczą; pozwala nam to za pomocą tarczy regulować pojemność „z grubsza“, a za pomocą precyzera — dokładnie. Druga odmiana polega na własnościach przekładni trybowej; specjalna oś połączona jest za pomocą kółek zębanych lub tarczowych z osią kondensatora, tak, iż wskutek dobrania odpowiednio przekładni, przy całkowitym obrocie osi specjalnej, tarcza kondensatora obróci się zaledwie o parę stopni.

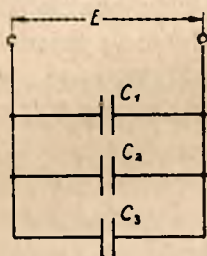
28. ŁĄCZENIE KONDENSATORÓW. Układ, składający się z kilku kondensatorów, połączonych **równolegle** (rys. 38), posiadać będzie pojemność, równającą się **sumie pojemności** połączonych kondensatorów:

$$C_x = C_1 + C_2 + C_3 \quad (7)$$

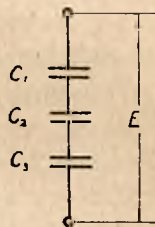
Każdy kondensator w tym wypadku podlega działaniu całkowitego napięcia. Przy łączeniu natomiast **szeregowem** (rys. 39) pojemność układu daje się obliczyć ze wzoru:

$$\frac{1}{C_x} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \quad (8)$$

Każdy kondensator podlega tu działaniu tylko części napięcia na zaciskach; jeśli mamy n kondensatorów o jednakowej pojemności, a napięcie na zaciskach wynosi E woltów, to każ-

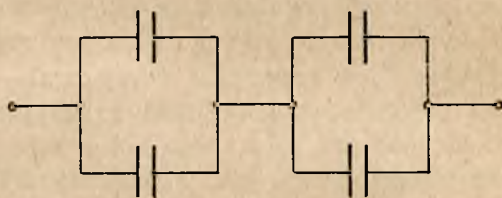


Rys. 38



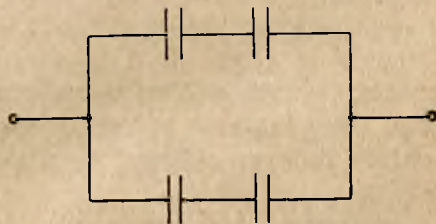
Rys. 39

dy z kondensatorów podlegać będzie działaniu $\frac{E}{n}$ woltów. Stąd wynika, że przy łączeniu szeregowym można stosować kondensatory o słabszym dielektryku. Ze wzoru 8. wynika, że pojemność wypadkowa n kondensatorów jednakowych połączo-



Rys. 40

nych szeregowo — jest n razy mniejsza, niż pojemność jednego kondensatora, wobec więc tego, że łączenie szeregowo powoduje nieznaczną wartość pojemności układu, — w praktyce



Rys. 41

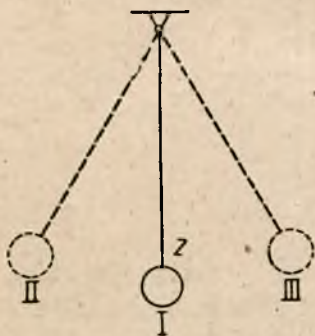
na stacjach nadawczych przeważnie spotykamy równoległo-
szeregowe łączenie kondensatorów (rys. 40 i 41).

Pojemność każdego z tych układów (rys. 40 i 41) jest równą pojemności jednego kondensatora, lecz każdy z tych układów wytrzyma bez przebicia dielektryka 2 razy większe napięcie niż pojedynczy kondensator.

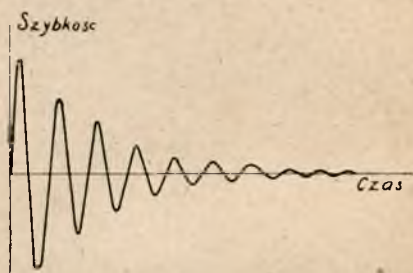
Łączenie równoległe kondensatorów ma więc na celu zwiększenie pojemności, a łączenie szeregowe — zwiększenie wytrzymałości na przebicie przy równoczesnem zmniejszeniu pojemności.

IV. DRGANIA I FALE.

29. DRGANIA MECHANICZNE. Wahadło zegara, wychylając się w obydwie strony od pozycji spoczynku, wykonywa ruch perjodyczny, nazywany **drgającym** (rys. 42). Pozycje spoczynku (I) wahadło mija z największą szybkością, zaś w punktach największego wychylenia (II i III), gdy wahadło zmienia kierunek ruchu, szybkość jego równa się zeru. Zachowując stały zasób energii — wahadło, gdy mija pozycję równowagi, posiada energję jedynie w postaci **kinetycznej** (energja



Rys. 42



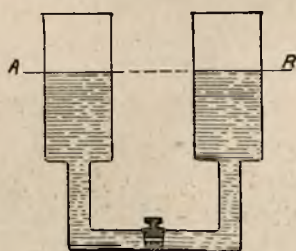
Rys. 43

ruchu). Gdy odległość wahadła od pozycji równowagi się zwiększa — jego energja kinetyczna stopniowo przekształca się na **energję potencjalną** (energja spoczynku) i w punktach największych wychyleń wahadło posiada jedynie energję potencjalną. Gdy kierunek ruchu wahadła zmieni się, znowuż rozpocznie się stopniowe **przekształcanie energii** potencjalnej na kinetyczną. Jeśli ruch wahadła jest stale podsyłany przez

pewną przyczynę zewnętrzną (sprężyna zegara) i wychylenia jego zachowują wartość stałą — mówimy, że wahadło wykonuje drgania **niegasnące** (amplituda z biegiem czasu nie zmniejsza się, a te same punkty toru wahadło miją zawsze z jednakową szybkością). Drgania zaś o zmniejszającej się amplitudzie nazywamy drganiami **gasnącymi** czyli **tłumionymi**, a zjawisko zmniejszania się amplitudy — **tłumieniem drgania**. Wykres drgania tłumionego przedstawia rys. 43. Wahadło, nie poruszane przez sprężynę, lecz wprowadzone w ruch zapomocą wychylenia z pozycji równowagi, z biegiem czasu zmniejszać będzie swe wychylenia, aż ostatecznie, po upływie pewnego czasu, zatrzyma się w pozycji równowagi. Wahadło, drgające takim drganiami, mijają te same punkty toru z coraz to mniejszą szybkością.

Ruch takiego wahadła jest właśnie drgan'iem tłumionem, a przyczynę tłumienia stanowi tarcie o powietrze, na którego przewyciężanie zostaje stopniowo zużytkowany cały zasób energii, otrzymanej przez wahadło dzięki początkowemu wychyleniu.

Drugi wyraźny przykład drgania tłumionego stanowić może ruch cieczy w naczyniach połączonych (rys. 44).



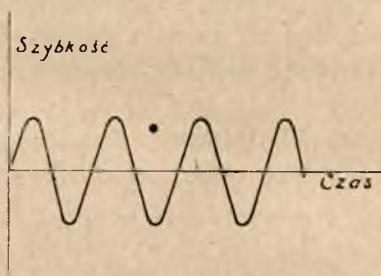
Rys. 44

Jeśli między poziomami cieczy istnieje pewna różnica, to po otwarciu kranu poziomy będą się przez pewien czas wahać, zanim się zatrzymają na linii **AB**. Przypuszczamy, iż ciecz jest dostatecznie ciekłą, a rurka łącząca posiada dostateczny przekrój: przy zbyt bowiem wielkim oporze rurki lub zbyt dużej

gęstości cieczy poziomy mogą się zrównać powoli, bez wykonywania wahań. Podobne zjawisko w stosunku do wahadła może zachodzić wtedy na przykład, gdyby tarcie w punkcie zawieszenia było zbyt wielkie, lub gdyby wahadło zostało zanurzone do cieczy gęstej.

30. DRGANIA ELEKTRYCZNE. Gdy prąd w obwodzie ulega szybkim periodycznym zmianom — nazywamy go **prądem drgającym**, a obwód, stanowiący siedlisko prądu drgającego — **obwodem drgań**. Podobnie do drgań mechanicznych — drgania elektryczne również mogą posiadać amplitudę stałą (drgania niegasnące, rys. 45) lub też amplitudę zmniejszającą się (drgania gasnące, tłumione, rys. 43).

Jak pierwsze, tak też i drugie znajdują zastosowanie w radiotechnice: zapomocą drgań gasnących wysyłają swe sygnały stacje t. zw. **iskrowe**, zaś drganiami niegasnącymi pracują stacje radiotelegraficzne i radiotelefoniczne nowszych systemów.



Rys. 45

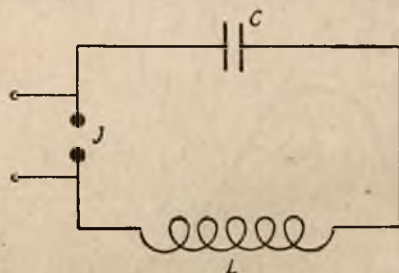
a więc stacje **maszynowe** (maszyny wielkiej częstotliwości), **łukowe** (łuk Poulsen'a) oraz **lampowe** (lampy katodowe).

31. WZNIECANIE DRGAŃ ELEKTRYCZNYCH. Do wzniesienia drgań elektrycznych używa się powszechnie **zamkniętego obwodu drgań** (rys. 46), w skład którego wchodzi przerwa iskrowa **J**, kondensator **C** i indukcyjność **L**.

Przypuśćmy, że kondensator ładujemy przy pomocy zewnętrznego źródła energii elektrycznej, połączonego z obwodem drgań przewodami, wskazanymi na rysunku. Z chwilą, gdy

napięcie na okładkach kondensatora osiągnie wartość dostateczną do przewyciężenia oporu przerwy iskrowej—w przerwie tej powstanie **iskra**, zwierająca obwód.

Podobnie, jak wahadło miało pozycję równowagi z największą szybkością — tak też prąd w obwodzie drgań osiągnie największe natężenie wtedy właśnie, gdy zrównają się potencjały okładek kondensatora. Następnie wahadło wychyla się w przeciwną stronę dzięki swej bezwładności mechanicznej — podobnież rozpoczyna się powstawanie różnicy potencjałów między okładkami kondensatora w przeciwnym kierunku, dzięki indukcyjności obwodu, czyli jego bezwładności elektrycznej. Gdy kondensator w taki sposób ponownie się naładuje — natężenie prądu spadnie do zera (wahadło zatrzymało się na chwilę w pozycji największego wychylenia i zmienia



Rys. 46

kierunek ruchu, szybkość jego równa się zero), poczem prąd zaczyna wzrastać w kierunku przeciwnym. Amplituda prądu będzie stopniowo zmniejszać się, gdyż część energii w każdym okresie drgania zostaje zużytkowaną na pokrycie strat cieplnych: przewody obwodu, dielektryk kondensatora oraz przerwa iskrowa podczas drgań rozgrzewają się, pochłaniając nieco energii. Wykres drgania tłumionego (rys. 43) ilustruje przebieg opisanego zjawiska, jeśli na wykresie tym szybkość zastąpimy przez prąd.

32. OKRES DRGAŃ. Okres drgań, zachodzących w obwodzie, zależy od właściwości elektrycznych obwołu, mianowicie od jego pojemności i indukcyjności i wyraża się wzorem:

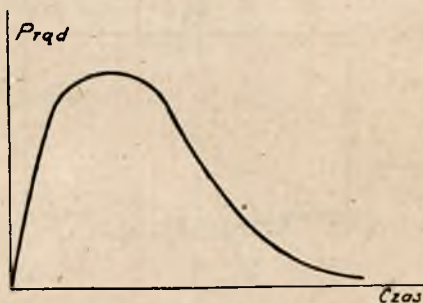
$$T_{\text{sek.}} = 2\pi \sqrt{L_H C_F} \quad (9)$$

lub

$$T_{\text{sek.}} = \frac{2\pi}{3 \cdot 10^{10}} \sqrt{L_{cm} C_{cm}} \quad (10)$$

Wzór ten stanowi zasadę obliczeń radiotechnicznych i nazywa się **wzorem Thomson'a**.

33. **TŁUMIENIE DRGAŃ.** Tłumienie drgań zależy również od właściwości obwodu: im większą oporność omową (**R**) posiada obwód, tem silniejszemu tłumieniu podlegać będą drgania, zachodzące w obwodzie, czyli tem szybciej drgania w niem będą zanikały. Oporność może być tak znaczną, że drgania w obwodzie wogóle nie wzbudzą się (por. z drganiami mechanicznymi, p. 29). Takie obwody noszą nazwę **obwodów aperiodycznych**, w przeciwieństwie do **obwodów drgań**. Iskra



Rys. 47

w obwodzie aperiodycznym wywoła prąd, którego natężenie, osiągnąwszy pewną wartość maksymalną, stopniowo spadnie do zera, nie wzrastając w przeciwnym kierunku (rys. 47).

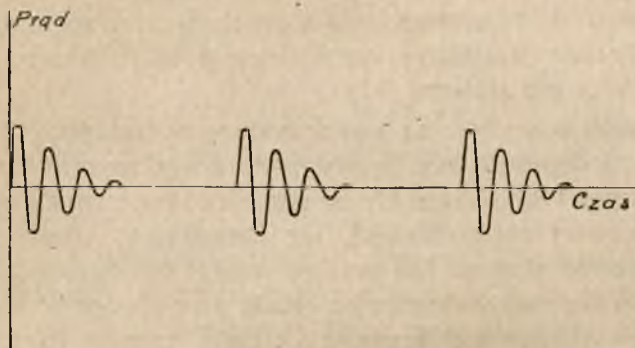
34. **CZĘSTOTLIWOŚĆ DRGAŃ I CZĘSTOTLIWOŚĆ ISKRY.** Częstotliwość (f) drgań, zachodzących w obwodzie, stanowi odwrotność okresu, a więc

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_H C_F}} \quad (11)$$

lub

$$f = \frac{1}{T} = \frac{3 \cdot 10^{10}}{2\pi \sqrt{L_{cm} C_{cm}}} \quad (12)$$

Natomiast **częstotliwość iskry** równa się ilości **impulsów** prądu drgającego na sekundę (rys. 48) i od właściwości obwodu nie zależy: wpływa na nią wyłącznie przeciąg czasu, potrzebny na naładowanie kondensatora po każdorazowym stłumieniu poprzedniego impulsu, co znowuż dla danej przerwy iskrowej zależy od napięcia źródła zasilającego. To też regulować częstotliwość iskry należy zapomocą regulowania napięcia źródła zasilającego.



Rys. 48

35. **OPORNOŚĆ OBWODU DRGAŃ.** Każdy zamknięty obwód drgań przedstawia dla prądu trzy rodzaje oporności, zależne od czynników wchodzących w skład obwodu. O ile obwód nie jest aperiodycznym, to stosunkowo najmniejszą oporność przedstawiają przewodniki wchodzące w skład obwodu (przewody połączeniowe i przewodnik z którego sporządzona jest cewka indukcyjna); oporność ta jest zwana **opornością rzeczywistą** czyli **omową**. Przyczyną drugiego rodzaju oporności jest indukcyjność obwodu (cewka indukcyjna), przedstawiająca dla prądu t. zw. **oporność indukcyjną**, zależną od współczynnika indukcyjności cewki i częstotliwości prądu, które im są większe, tem większą jest oporność indukcyjna. Wreszcie oporność trzeciego rodzaju t. zw. **oporność pojemnościowa**, wywołana obecnością kondensatora w obwodzie drgań, jest tem większą, im pojemność kondensatora i często-

tliwość drgań są mniejsze. Różnica obu ostatnich oporności, t. j. oporności indukcyjnej i pojemnościowej, stanowi t. zw. **oporność pozorną** obwodu drgań.

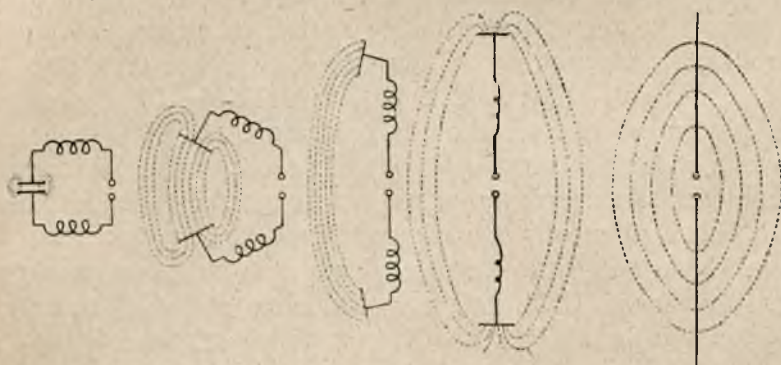
Rozpatrując zależność oporności indukcyjnej i pojemnościowej od częstotliwości drgań, zauważymy, że zwiększając częstotliwość, oporność indukcyjna zwiększa się również, aż dla prądów o wielkich częstotliwościach oporność ta staje się bardzo duża, a przeciwnie dla prądu stałego (częstotliwość równa zeru) oporność ta nie istnieje. W analogiczny sposób dojdziemy, że oporność pojemnościowa staje się bardzo małą dla prądów o bardzo wielkich częstotliwościach, a nieskończenie wielką dla prądu stałego.

Własności powyższe są wykorzystane w radjotechnice, gdy chodzi o niedopuszczenie do pewnych obwodów prądów szybkodziennych lub stałych. By niedopuszczyć do pewnego obwodu prądu wielkiej częstotliwości, nie zamykając równocześnie drogi prądowi stałemu lub prądowi małej częstotliwości, włącza się do tego obwodu cewkę indukcyjną o odpowiednio dużym współczynniku indukcyjności. Cewka ta nosi nazwę **dławika**. By natomiast niedopuszczyć do pewnego obwodu prądu stałego, włącza się do niego kondensator stawiający możliwie najmniejszą oporność pojemnościową dla prądów szybkodziennych. Kondensator taki zwany jest **kondensatorem blokującym**.

36. **OBWODY ROZWARTE**. Przesyłanie sygnałów radiotelegraficznych odbywa się, jak zaznaczyliśmy już na wstępie, zapomocą wzniesienia w przestrzeni fal elektromagnetycznych. Jakkolwiek prąd drgający w zamkniętym obwodzie drgań powstawać może przez wyładowania iskrowe — to jednak obwody zamknięte do wzniesienia fal w przestrzeni nie nadają się; do tego celu niezbędne jest stosowanie tak zw. **obwodów rozwartych**, noszących nazwę **anten**.

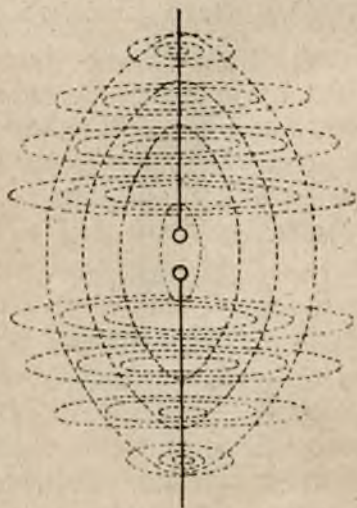
Wyobraźmy sobie, że obwód zamknięty rozcinamy wzdłuż warstwy izolacyjnej kondensatora, przewody obwodu prostujemy (rys. 49), a płytki kondensatora zastępujemy przewodnikiem odpowiednio długim, stanowiącym przedłużenie

całości. Otrzymany w ten sposób obwód rozwarty, posiada więc również swoją pojemność i indukcyjność, rozłożone wzdłuż jego przewodu, jest więc obwodem drgań, a zatem



Rys. 49

iskra, wzniecona w jego przerwie iskrowej, spowodować winna **prąd drgający**, podobnie jak w obwodzie zamkniętym. Zachodzi jednak tu zasadnicza różnica: pole elektryczne w obwodzie zamkniętym było skoncentrowane w warstwie izolacyjnej kondensatora, nie ujawniając się wcale nazewnątrz.



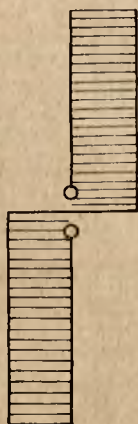
Rys. 50

W obwodzie rozwartym natomiast wszystkie linie sił pola elektrycznego przebiegają w przestrzeni otaczającej. Podobnie zewnętrznemu ujawniać się też będzie i pole magnetyczne obwodu: linie tego pola posiadają kształt pierścieni kołowych o środkach, leżących na osi obwodu rozwartego (rys. 50).

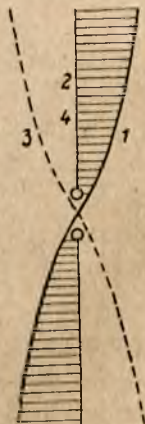
37. PRĄD W OBWODZIE ROZWARTYM. W obwodzie zamkniętym mieliśmy całkowitą pojemność obwodu, skoncentrowaną w kondensatorze. W obwodzie rozwartym pojemności skoncentrowanej nie mamy: przeciwnie, jest ona rozłożona wzdłuż obwodu równomiernie, t. j. w taki sposób, że na każdą jednostkę długości drutu przypada pewna określona pojemność. O ile zatem w obwodzie zamkniętym przez dowolny jego przekrój w każdym momencie płynie jednakowy prąd — o tyle w obwodzie rozwartym natężenie prądu zależy będzie od położenia rozpatrywanego przekroju względem końców obwodu. Przez środek obwodu rozwartego płynąć musi prąd potrzebny do naładowania całkowitej jego pojemności, a zatem prąd o natężeniu największym. W miarę zbliżania się do końców, pojemność pozostałej części obwodu, którą naładować ma prąd płynący przez dany przekrój, staje się coraz mniejszą, wskutek czego zmniejsza się też natężenie



Rys. 51



Rys. 52



Rys. 53

prądu, płynącego przez ten przekrój; wobec tego na końcach obwodu natężenie prądu staje się równem zeru.

Z powyższego wynika, że rozkład prądu w rozwartym obwodzie prostoliniowym wykreślić da się wyrazić zapomocą rys. 51. W ciągu trwania pierwszej ćwierci okresu drgania, prąd w punkcie środkowym obwodu wzrastać będzie od zera do wartości maksymalnej, osiągając wzdłuż obwodu w końcu tej ćwierci wartości, wyrażone wykresem 1. W drugiej ćwierci zmniejszy się do zera, któremu będzie się równał na całej długości obwodu w końcu tej ćwierci (wykres — linja prosta 2). Trzecia ćwierć okresu da znowuż wzrastanie prądu w kierunku przeciwnym: w końcu trzeciej ćwierci zostanie osiągnięta maksymalna wartość (wykres 3), i wreszcie w końcu ostatniej ćwierci okresu prąd w obwodzie staje się znowuż równym zeru (wykres — linja prosta 4).

38. NAPIĘCIE W OBWODZIE ROZWARTYM. Jeszcze przed rozpoczęciem drgań, bezpośrednio przed powstaniem iskry, obydwie połowy przewodu rozwartego rozpatrywać możemy; jako okładki naładowanego kondensatora: jedna połowa posiada potencjał dodatni, a druga — ujemny, co wykreślić przedstawia rys. 52.

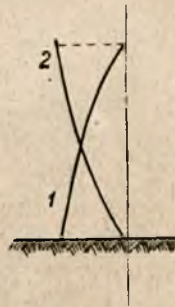
Gdy różnica potencjałów między elektrodami przerwy iskrowej osiągnie wartość dostateczną do przewyciężenia oporności przerwy iskrowej — powstanie iskra, a wzdłuż obwodu w określonym kierunku płynąć zacznie prąd elektryczny.

Z chwilą, gdy wykres prądu wyrazi się linja 1 (rys. 51), — wykres napięcia przybiera kształt, wskazany na rys. 53 (linja 1). Gdy prąd w końcu trzeciej ćwierci osiągnie maximum przeciwnego znaku (linja 3 na rys. 51) — napięcie wyrazi się linja 3 na rys. 53.

W końcu drugiej ćwierci (jak również w końcu ćwierci czwartej) wykresem napięcia będzie linja prosta 2 (4).

39. OBWODY ROZWARTE UZIEMIONE. Obwody rozwarne, rozpatrywane w pp. 36 — 38 noszą nazwę **obwodów** (wibratorów) **rozwartych symetrycznych**. Stosowane w praktyce obwody rozwarne należą do **asymetrycznych**, czyli **uzie-**

mionych. Jeśli odrzucimy dolną połowę obwodu symetrycznego, a dolny koniec połowy górnej połączymy z ziemią, którą nadto uważać możemy za bardzo znaczną pojemność, przyłączoną do końca obwodu rozwartego — to rozkład prądu i napięcia w takim wypadku da się wyrazić zapomocą wykresów, wskazanych na rys. 54: linja 1 odpowiada tu prądowi, a linja 2 — napięciu.



Rys. 54

40. FALA PRĄDU I FALA NAPIĘCIA. Z pp. 37 — 39 wynika, że rozkład prądu oraz napięcia wzdłuż prostoliniowego obwodu rozwartego przybiera kształt fali. Jak dla prądu, tak też i dla napięcia długość tej fali równa się dla obwodu rozwartego symetrycznego podwojonej długości geometrycznej obwodu, a dla obwodu otwartego uziemionego — jego czterem długościom geometrycznym. Jeśli długość obwodu oznaczymy przez l , to długość fali dla obwodu symetrycznego:

$$\lambda = 2l \quad (13)$$

a dla obwodu uziemionego:

$$\lambda = 4l \quad (14)$$

W obwodzie rozwartym symetrycznym **brzusiec fali prądu** wypada w środku wibratora, zaś jej **węzły** — na końcach.

Natomiast fala napięcia posiada brzusce na końcach, a węzeł w środku. W obwodzie rozwartym uziemionym w punkcie uziemienia przypada brzusiec fali prądu i węzeł fali napięcia, a u szczytu — węzeł fali prądu i brzusiec fali napięcia.

41. PROMIENIOWANIE OBWODÓW ROZWARTYCH.

Opisane wyżej zjawiska, zachodzące periodycznie w obwodzie rozwartym podczas trwania iskry w jego przerwie iskrowej — w przestrzeni otaczającej wywołują pewne zaburzenia o charakterze również periodycznym, nazywane **polem elektromagnetycznym**. Przebiegający w obwodzie rozwartym prąd elektryczny wywoływać będzie naokoło obwodu, w płaszczyznach poziomych (jeśli wibrator ustawimy pionowo) pierścieniowe linie sił **poła magnetycznego**, przyczem kierunek oraz gęstość tych linii zależy od kierunku i natężenia prądu w obwodzie. A że obydwie te czynniki ulegają periodycznym zmianom — takim samym zmianom ulegać też musi pole magnetyczne, wytwarzane przez obwód. Podobnież periodyczne zmiany napięcia obwodu rozwartego w przestrzeni otaczającej wywołują również zmieniające się periodycznie co do kierunku i natężenia **pole elektryczne**. W całokształcie otrzymamy pole elektromagnetyczne, posuwające się w przestrzeni od obwodu rozwartego, jako źródła, z szybkością **300.000 klm. na sekundę**. Odległość, na jaką przesunie się zjawisko w ciągu czasu trwania jednego okresu drgania, nosi nazwę **długości fali elektromagnetycznej**.

Jeśli szybkość posuwania się fali oznaczymy przez v ($v = 30000000000$ cm./sek.), to długość fali w centymetrach

$$\lambda = v T = 30000000000 T \text{ cm.} \quad (15)$$

lub w zależności od częstotliwości drgań f (na zasadzie wzorów 2 i 15).

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{30000000000}{f} \text{ cm.} \quad (16)$$

Rys. 55 i 56, wyobrażające kształt pola elektrycznego i magnetycznego, bardziej poglądowo wyjaśniają pojęcie długości fali.

42. ZALEŻNOŚĆ DŁUGOŚCI FALI OD POJEMNOŚCI I INDUKCYJNOŚCI OBWODU. Wyżej (p. 32) podaliśmy zależność okresu drgania obwodu zamkniętego od jego indukcyjności i pojemności. Okres drgania obwodu rozwartego również zależy od tych samych właściwości obwodu, skąd wynika, że



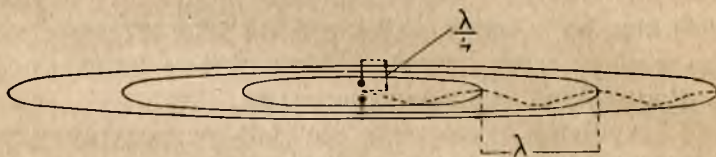
Rys. 55

długość fali obwodu rozwartego wyrazić można (na zasadzie wzorów 10 i 15) wzorem:

$$\lambda_{cm} = 2\pi \sqrt{L_{cm} C_{cm}} \quad (17)$$

lub też

$$\lambda_{cm} = 2\pi \cdot 3 \cdot 10^8 \sqrt{L_H C_F} \quad (18)$$



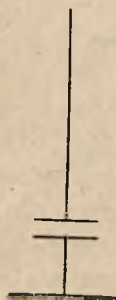
Rys. 56

43. ZMIANA DŁUGOŚCI FALI WŁASNEJ ANTENY. Każdy obwód rozwarty posiada swą własną pojemność i własną indukcyjność, które według wzorów 17 i 18 określają t. zw. **długość fali własnej anteny**. Praktyka wymaga jednak, by długość fali anteny mogła, stosownie do potrzeby, ulegać zmianom w pewnych granicach, czyli, by antena była **nastrajana**. W tym celu włącza się do obwodu antenowego, zwykle u spodu, kondensator lub cewkę indukcyjną.

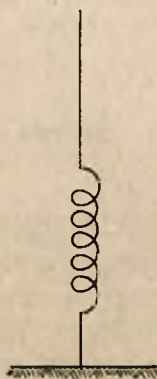
Przez włączenie kondensatora u spodu anteny (rys. 57), jej pojemność całkowita zmniejszy się, gdyż kondensator ten zostaje połączony szeregowo z pojemnością własną anteny. Włączenie kondensatora służy więc do skracania długości fali

własnej anteny. Stosunek długości fali własnej anteny do długości fali skróconej, nazywa się **spółczynnikiem skrócenia anteny**. Jeśli włączony kondensator jest kondensatorem obrotowym, to długość fali zmieniać możemy w sposób ciągły i regulować ją zależnie od potrzeby, czyli nastrajać.

W celu przedłużenia fali własnej anteny, do obwodu ante-



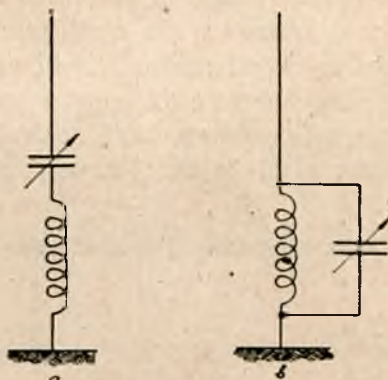
Rys. 57



Rys. 58

nowego włącza się szeregowo cewkę indukcyjną, nazywaną **cewką przedłużającą** (rys. 58); podobne włączenie zwiększa indukcyjność skuteczną obwodu, wpływając w ten sposób na zwiększenie fali anteny, co bezpośrednio wynika ze wzoru Thomson'a. Stosunek fali przedłużonej do fali własnej anteny nazywa się **spółczynnikiem przedłużenia anteny**.

Fala własna anteny jest stosunkowo dosyć krótka, to też prawie zawsze trzeba ją przedłużyć, ponieważ jednak w praktyce długość fali anteny musi być ponadto regulowaną, oprócz cewki przedłużającej włącza się więc również kondensator obrotowy. Włączenie kondensatora szeregowo z cewką przedłużającą (rys. 59-a) powoduje wytwarzanie się fal krótszych, niż przy włączeniu kondensatora równoległe do cewki przedłużającej (rys. 59-b). W stacjach nadawczych dużej mocy, celem strojenia anteny, zamiast kondensatorów obrotowych, łączy się w szereg z cewką przedłużającą — warjometr.



Rys. 59

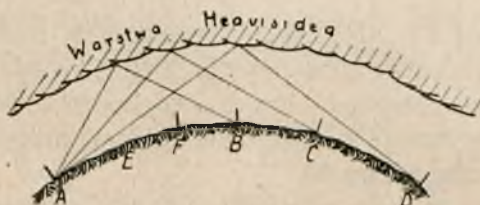
44. ROZCHODZENIE SIĘ FAL W PRZESTRZENI. W p. 41 wyjaśnione zostało w jaki sposób antena promieniuje energię elektromagnetyczną, możemy sobie teraz zdać sprawę, jaką drogę ona przebiega. Wiemy już, że fale elektromagnetyczne rozchodzą się wzdłuż powierzchni ziemi we wszystkich kierunkach, oraz na wysokość pod pewnym kątem α (rys. 55) zawsze mniejszym od 90° . W ostatnich czasach stwierdzono jednak, że energia elektromagnetyczna, rozprzestrzeniająca się wzdłuż powierzchni ziemi, zostaje stopniowo pochłaniana przez ziemię, wskutek czego stacje umieszczone w znacznej od siebie odległości nie mogły by ze sobą korespondować. To też rozchodzenie się fal elektromagnetycznych na większe odległości tłumaczy się istnieniem w górnych warstwach atmosfery — przypuszczalnej warstwy rozrzedzonego powietrza zjonizowanego, t. zw. **warstwy Heaviside'a** *), posiadającej własność odbijania fal elektromagnetycznych.

Fale promieniowane przez antenę nadawczą **A** (rys. 60), zostają odbite w różnych punktach warstwy Heaviside'a, poczem skierowane napowrót ku ziemi i sięgają anten odbiorczych **B, C i D**.

Może jednak zdarzyć się, że pochłaniana stopniowo przez ziemię energia elektromagnetyczna, rozprzestrzeniająca się

*) Czyt. Hewizajd'a

wzdłuż powierzchni ziemi, — w pewnym punkcie ziemi **E** zostanie całkowicie pochłonięta, z drugiej znów strony, najbliższa fala odbita od warstwy Heaviside'a sięgnie z powrotem ziemi dopiero w punkcie **B**, w rezultacie czego, do powierzchni zawartej między punktami **E** i **B**, energia elektromagnetyczna, promieniowana przez antenę **A**, nie dochodzi, tak, że stacja **F** korespondować ze stacją **A** nie może. Powierzchnię tę, mającą kształt pierścienia otaczającego antenę nadawczą **A**, nazywamy **strefą martwą**. Im długość fali jest mniejsza, tem



Rys. 60

strefa martwa jest szerszą i położoną bliżej anteny nadawczej. Przy falach dłuższych zjawisko to nie występuje.

Przeszkodą w korespondencji falami krótkimi jest również **zjawisko fading'u** *), wynikłe ze sposobu rozchodzenia się fal, a objawiające się krótkotrwałymi zanikami odbioru podczas normalnej korespondencji. Przypuszczalną przyczyną fading'u jest wręcz przeciwny skutek wywierany na antenę odbiorczą przez fale, które dochodzą do tej anteny różnymi drogami od jednej stacji nadawczej.

*) Czyt. „feding,u“

V. ANTENY I UZIEMIENIA.

45. KSZTAŁTY ANTEN. W poprzednim rozdziale stwierdziliśmy konieczność zaopatrywania stacji nadawczej w obwód rozarty, zapomocą którego zachodzące w nim drgania elektryczne wywołać mogą fale elektromagnetyczne w przestrzeni otaczającej obwód.

W praktyce do tego celu są zazwyczaj stosowane obwody rozarte uziemione, lecz nie prostolinjowe, a o bardziej złożonych kształtach, noszące ogólną nazwę **anten**. Im większą **moc promieniowania** ma posiadać stacja — tem większą **pojemność** musi stanowić antena. Stąd wynika, że stosowanie w charakterze anten obwodów prostolinjowych w większości wypadków praktyki staje się niedostatecznym, co zmusiło do używania wielkich i rozgałęzionych sieci drutów w ich roli.



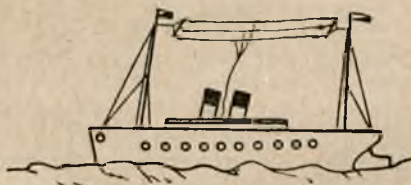
Rys. 61

W pierwszych latach rozwoju radiotelegrafji stosowano rozmaitsze kształty anten. Obecnie jednak najczęściej spotykamy dwa ich zasadnicze rodzaje, a mianowicie: 1) anteny **płaskie** (rys. 61 i 62) oraz 2) anteny **parasolowe** (rys. 63).

Antenę przedstawioną na rys. 61 nazywamy często **anteną I**,

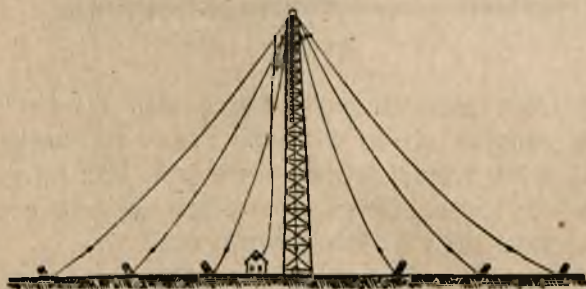
gdyż przypomina swym kształtem literę L odwróconą (Γ), a antenę przedstawioną na rys. 62 — anteną T-ową, gdyż podobna jest do litery T.

Każda antena płaska składa się z dwóch części: górnej poziomej oraz t. zw. **doprowadzenia**, łączącego aparaturę stacji z poziomą częścią anteny. Antenę płaską możemy uważać za antenę prostolinjową, wierzchołek której zakończony jest okładką kondensatora (rys. 64). Rolę anteny prostolinjowej odgrywa tutaj doprowadzenie, a rolę okładki kondensatora — część pozioma anteny, która powoduje, że pojemność własna anteny jest znacznie większą, niż pojemność anteny prostoli-

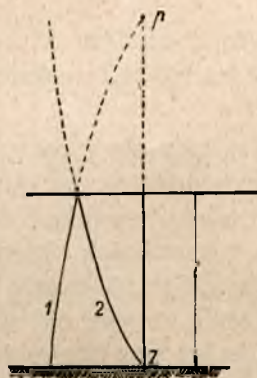


Rys. 62

njowej. Oprócz zwiększenia mocy promieniowania, zwiększy się więc również i fala własna anteny, co uwidocznione jest na wykresie prądu w antenie (rys. 64—1). Węzeł prądu nie znajdzie się w wierzchołku anteny, lecz powinien znajdować się w pewnym punkcie p , leżącym na przedłużeniu anteny, a wiedząc, że odcinek $p-z$ (patrz p. 40) przedstawia nam $\frac{1}{4}$ dłu-



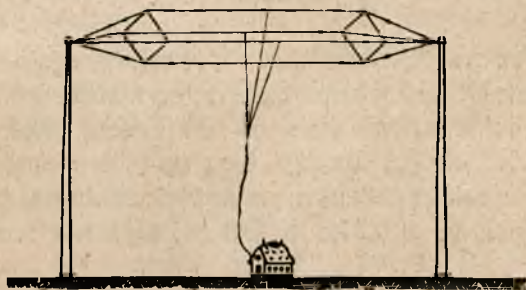
Rys. 63



Rys. 64

gości fali własnej anteny, widzimy z rys. 64, że długość fali własnej anteny płaskiej jest większą od 4-krotnej wysokości h anteny.

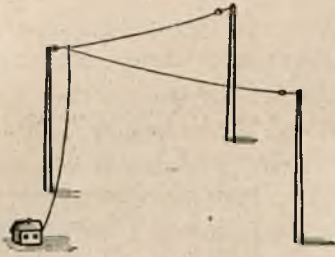
Zupełnie analogicznie zachowuje się antena parasolowa, w której górną okładkę kondensatora stanowią tutaj górne ukośne promienie anteny.



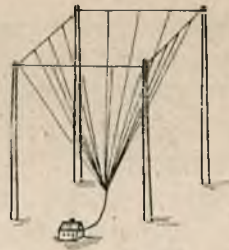
Rys. 65

Odmianą anten płaskich, podobną do nich z wyglądu i nie różniącą się zupełnie co do własności, są t. zw. **anteny przyrmatyczne** 3, 4 lub więcej promieniowe (rys. 65), których promienie stanowią krawędzie graniastosłupa. Anteny te również posiadają kształt litery T, lub odwróconej L.

Oprócz wspomnianych powyżej, spotyka się czasem anteny innych kształtów, jak np. antena V (rys. 66), antena ostrosłu-



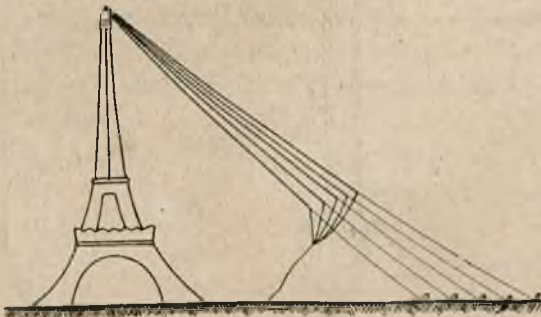
Rys. 66



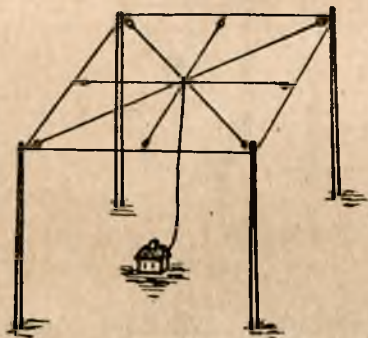
Rys. 67

powa (rys. 67), antena podwójnie stożkowa czyli typu wieży Eiffel (rys. 68), antena wiedeńska (rys. 69), wyłącznie odbiorcza antena Beverage (rys. 70) i wiele innych.

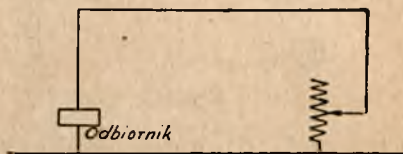
46. BUDOWA ANTEN. Do utrzymywania sieci anteny na pewnej wysokości nad ziemią służą specjalnego rodzaju konstrukcje drewniane lub żelazne, nazywane **masztami**. Przeważnie stacje stałe posiadają mocne i wysokie maszty żelazne, utrzymywane w pozycji pionowej zapomocą **odciągaczy** i od ziemi odizolowane. Stacje ruchome natomiast są najczęściej zaopatrywane w maszty z rur stalowych, składane z pojedynczych części lub też rozsuwane i zsuwane zapomocą mechanizmów korbowych. W tych wypadkach, gdy niema potrzeby stosowania wysokich i mocnych masztów — częstokroć można się ograniczyć do zwykłych tyk drewnianych, co też spotykamy w lekkich stacjach polowych. W charakterze masztów można nader często wykorzystać wysokie drzewa, wieże kościelne, kominy fabryczne i t. d.



Rys. 68



Rys. 69



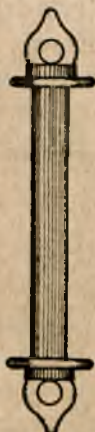
Rys. 70

W ostatnich czasach w największych stacjach radjotelegraficznych w roli masztów spotykamy niekiedy konstrukcje żelazne w kształcie wież, niewymagających odciągaczy.

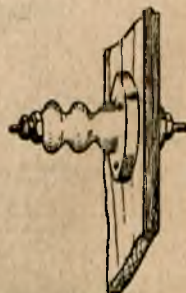
Wobec tego, że sieci antenowe podlegają działaniu wiatru i obciążeniu wskutek opadów atmosferycznych (śnieg, sadź), a nadto posiadają znaczny ciężar własny — anteny sporządza się zazwyczaj z linek brązowych, splatanych z kilkunastu cienkich drucików, w celu nadania im większej wytrzymałości mechanicznej.



Rys. 71



Rys. 72



Rys. 73

Szczególną uwagę zwracać należy na dokładne **izolowanie** anten od masztów. Zwłaszcza końce poszczególnych drutów anteny, gdzie powstają brzuśce fali napięcia, winny być jaknajstaranniej izolowane od części podtrzymujących. Do tego celu używa się **izolatorów jajkowych** (rys. 71) lub **paleczkowych** (rys. 72), sporządzanych zwykle z porcelany, a w większych instalacjach — **izolatorów talerzowych szklanych**. Również izolatory jajkowe stosują się w odciągaczach metalowych, dzieląc je na kilka odizolowanych od siebie części. Maszty metalowe nadto powinny być ustawiane na podstawie izolującej w celu zmniejszenia strat nieużytecznych energii, powstających wskutek połączenia masztu z ziemią.

Przewodniki, łączące aparaty stacyjne z anteną czyli doprowadzenia powinny być również dokładnie izolowane: po ścianach są prowadzone na **izolatorach wsporczych** a przez ścianę budynku stacyjnego przechodzą nazewnątrz w **izolatorach przepustowych** (rys. 73).

47. **UZIEMIENIE**. Dolny koniec obwodu otwartego stacji łączy się z ziemią. Do tego celu służy płyta miedziana lub żelazna ocynkowana o odpowiedniej powierzchni, zakopana na głębokości kilku metrów, gdzie ziemia jest zawsze wilgotna i posiada dlatego dostateczne przewodnictwo elektryczne.

48. **PRZECIWWAGA**. W tych wypadkach, gdy dobre uziemienie nie daje się osiągnąć (grunt skalisty lub piaszczysty) — zamiast uziemienia stosuje się t. zw. **przeciwagę**. Jest to sieć drutów, z kształtu zawsze podobna do swej anteny (bardziej tylko rozległa), od ziemi odizolowana i umieszczona na nieznacznej wysokości nad jej powierzchnią, zapomocą kołków drewnianych z izolatorami porcelanowymi (rys. 74). Stacje po-



Rys. 74

lowe są zawsze zaopatrywane w przeciwwagę, w postaci rozwijanych siatek miedzianych.

49. **PRZECIWWAGA UZIEMIONA.** Konstrukcję pośrednią między uziemieniem właściwym, a przeciwwagą właściwą stanowi t. zw. **przeciwwaga uziemiona**. Jest to sieć drutów, zupełnie podobna do sieci przeciwwagi właściwej, zakopana na nieznacznej głębokości (15 — 20 cm.) w ziemi. Przeciwwaga uziemiona łączy w sobie zalety i do pewnego stopnia jest pozbawiona wad obydwu poprzednich systemów, a dzięki temu w stacjach stałych przeważnie ten rodzaj uziemienia jest dziś stosowany.

50. **ANTENY NA PŁATOWCACH I STATKACH.** W aparatach lotniczych antenę stanowi drut pojedynczy o długości 60—100 m., zwieszający się ku dołowi dzięki umocowanemu u końca ciężarkowi. Antenę taką rozwija się dopiero wtedy, gdy aparat znajduje się na dostatecznej wysokości nad ziemią, do czego służy specjalny mechanizm. Przed lądowaniem za pomocą tegoż mechanizmu antenę należy zwinąć. Rolę przeciwwagi w płatowcach odgrywa masa aparatu (części metalowe), do których dołącza się drugi koniec obwodu rozwartego.

Statki posiadają anteny płaskie, o kształcie wydłużonym, przymocowane do ustawionych na pokładzie masztów (rys. 62). Uziemieniem jest w tym wypadku kadłub statku, bezpośrednio zanurzony w wodzie.

51. **POJEMNOŚĆ ANTENY.** Im bardziej rozgałęziony kształt posiada sieć anteny, tem większą będzie jej fala własna, jako obwodu rozwartego, gdyż wtedy antena posiada większą pojemność. Stąd wynika, iż stacje większe, o znaczniejszej mocy, przeznaczone dla dalszej komunikacji i pracujące dłuższą falą, posiadać muszą anteny o większej pojemności.

Pojemność anteny parasolowej, normalnie stosowanej w stacjach polowych (maszt 25 m., 6 promieni anteny po 30 m., i 6 promieni przeciwwagi po 60 m.) wynosi w przybliżeniu 1000 cm.

52. **PROMIENIOWANIE ANTENY.** Energja, odbierana przez antenę ze źródła zasilającego stacji, zostaje zużytkowaną na:

1. ogrzewanie drutów anteny.
2. indukowanie prądów w ziemi.
3. indukowanie prądów w przedmiotach otoczenia.
4. straty wskutek wyładowań i wpływów przez izolatory.
5. promieniowanie użyteczne.

Stosunek użytecznie wypromieniowanej energii do całego zasobu energii, otrzymanej przez antenę, nosi nazwę **spółczynnika sprawności anteny**.

W celu zatem podniesienia sprawności anteny należy w praktyce dążyć do tego, aby możliwie zmniejszyć straty nieużyteczne (1 — 4) i zwiększyć promieniowanie (5). Osiąga się to w pewnym stopniu zapomocą starannej konstrukcji obwodu rozwartego, dobrej izolacji drutów anteny od masztu, dobrego odizolowania masztu od ziemi i umiejętnego wyboru terenu stacji. Nadmierne przedłużanie fali anteny zapomocą cewki przedłużającej na sprawność anteny wpływa szkodliwie: z tego względu **spółczynnik przedłużania** fali w większości istniejących urządzeń nie osiąga dużych wartości.

53. **POMIAR PRĄDU W ANTENIE.** W każdym punkcie anteny prąd posiada inną wartość: największą przy ziemi, a najmniejszą w wierzchołku. Chcąc więc zdać sobie sprawę z natężenia prądu w antenie, przyjęto uważać za miarodajny prąd u spodu anteny, dlatego też amperomierz antenowy włącza się zawsze możliwie najniżej. Z wielkości natężenia prądu u spodu anteny, wnioskujemy zawsze o mocy promieniowania anteny, oraz o zasięgu stacji nadawczej, które są tem większe, im większy jest prąd u spodu anteny. Do mierzenia prądu w antenie używa się zawsze **amperomierzy cieplnych**.

54. **WYSOKOŚĆ SKUTECZNA ANTENY.** W wielu wypadkach charakteryzując antenę, posługujemy się jej t. zw. **wysokością skuteczną**. Jest to wielkość czysto matematyczna, a nie rzeczywista, która przy znanej wysokości rzeczywistej anteny, charakteryzuje nam rozkład prądu w antenie, oraz moc promieniowania anteny i jej zasięg. Moc promieniowania anteny jest proporcjonalną do kwadratu jej wysokości skutecznej (do h_{sk}^2).

Wysokość skuteczną anteny wyobrażamy sobie jako taką wielkość (h_{sk}) iloczyn której przez prąd mierzony u spodu anteny (I_{max}), jest równym iloczynowi wysokości rzeczywistej anteny (h) przez wartość średnią prądu w antenie (I_{sr}):

$$h_{sk} I_{max} = h I_{sr} \quad (19)$$

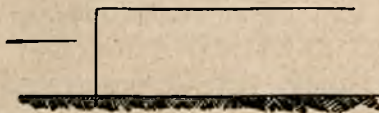
skąd

$$h_{sk} = h \frac{I_{sr}}{I_{max}} \quad (20)$$

Ponieważ wartość średnia prądu w antenie jest zawsze mniejszą od prądu mierzonego u spodu anteny, więc jak wynika ze wzoru (20), wysokość skuteczna jest zawsze mniejszą od wysokości rzeczywistej anteny.

Chcąc, by **zasięg** stacji nadawczej był możliwie największy, trzeba, by wysokość skuteczna anteny była możliwie najbardziej zbliżoną do wysokości rzeczywistej anteny, co uzyskać można tylko wtedy, gdy, jak to wynika ze wzoru (20), — I_{sr} jest zbliżone do I_{max} , t. j. gdy prąd mierzony w górnej części anteny nie różni się zbyt od prądu mierzonego u spodu. By warunek ten był spełniony, anteny nadawcze muszą posiadać dużą **pojemność wierzchołkową**, a więc anteny płaskie, przyzmatyczne, parasolowe i t. p., które, jak widzimy z p. 45, posiadają rozkład prądu prawie że równomierny wzdłuż całej wysokości (rys. 64 — 1).

55. **KIERUNKOWOŚĆ PROMIENIOWANIA ANTEN.** Wszystkie anteny mające kształt symetryczny w płaszczyznach pionowych, n. p. antena parasolowa, ostrosłupowa, prostolinjowa i t. p., promieniują energię elektromagnetyczną z jed-



Rys. 75

nakową mocą we wszystkich kierunkach wzdłuż powierzchni ziemi, natomiast wszystkie anteny posiadające kształty niesymetryczne, lub symetryczne tylko w jednej płaszczyźnie

pionowej, promieniują najsilniej w jednym lub dwóch określonych kierunkach. Antena L promieniuje najsilniej w kierunku



Rys. 76



Rys. 77

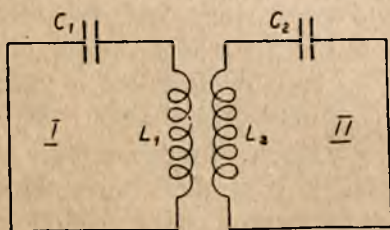
wskazanym na rys. 75 strzałką; antena T-owa — w obu kierunkach, w których biegą obydwa ramiona promieni poziomych (rys. 76); antena V w kierunku ostrza utworzonego przez obydwa ramiona poziome (rys. 77).

Powyzsze własności kierunkowe anten są mało wybitne, jednakże zawsze powinny być brane pod uwagę przy budowie anteny. By antena promieniowała tylko w jednym określonym kierunku, stosuje się specjalne systemy omówione w rozdziale XV-ym. Ścisłe kierunkowe nadawanie może mieć jednak zastosowanie praktyczne tylko przy falach najkrótszych — rzędu kilkunastu — kilkudziesięciu metrów.

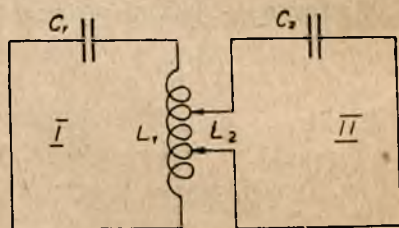
VI. OBWODY SPRZEŻONE I ZJAWISKO REZONANSU.

56. SPRZEŻANIE OBWODÓW. Dwa obwody, ustawione względem siebie w taki sposób, że drgania, zachodzące w jednym z nich, wywołują mogą podobne drgania w drugim obwodzie — nazywamy **obwodami sprzężonymi**.

Sprzężanie obwodów osiąga się najczęściej zapomocą zjawisk indukcji, a rzadziej zapomocą pojemności. Wyobraźmy sobie dwa obwody drgań I i II (rys. 78). Cewki indukcyjne L_1 i L_2 tych obwodów są tak utawione względem siebie, że



Rys. 78

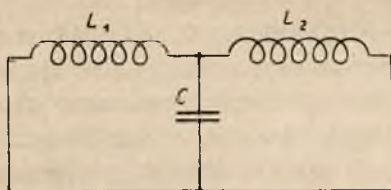


Rys. 79

strumień magnetyczny cewki L_1 przecina zwoje cewki L_2 , powodując w niej powstawanie indukowanej siły elektromotorycznej. Jeśli zatem w obwodzie I zachodzą drgania elektryczne — to muszą one udzielić się obwodowi II.

Wskazany na rys. 78 sposób sprzężania obwodów nosi nazwę **sprzężenia transformatorowego**. W praktyce równie często spotykamy też sprzężenie **bezpośrednie** czyli **autotransforma-**

torowe (rys. 79), a czasem sprzężone pojemnościowe (rys. 80). Obydwa pierwsze sposoby sprzęgania polegają na zjawiskach indukcji, a ostatni na zjawisku pola elektrycznego.



Rys 80

57. STOPIEŃ SPRZEŻNOŚCI. Ilościowo sprzężność charakteryzować możemy zapomocą t. zw. **stopnia sprzężności (K)**, określanego przez wzór:

$$K = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}} \quad (21)$$

We wzorze tym M oznacza współczynnik indukcji wzajemnej między cewkami sprzęgającymi obwodów, a L_1 i L_2 — współczynniki indukcyjności cewek sprzęgających obwodów I i II. Wzór (21) wskazuje, iż stopień sprzężności zmieniać się daje w szerokich granicach zapomocą regulowania indukcyjności każdej z cewek sprzęgających, jak również przez zmianę ich wzajemnej pozycji, co powoduje zmianę współczynnika indukcji wzajemnej.

Zależnie od stopnia sprzężności, sprzężenie może być **słabe** lub **silne**. Dwa obwody drgań są ze sobą słabo sprzężone, gdy tylko obwód pierwotny działa na obwód wtórny, a przy sprzężeniu silnem obwód wtórny oddziałuje ze swej strony na obwód pierwotny, powodując zniekształcenie prądu w obwodzie pierwotnym.

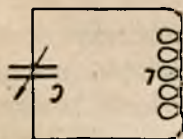
58. REZONANS. Gdy obwody I i II zaopatrzymy w takie kondensatory i cewki indukcyjne, że będzie zachowany warunek $L_1 C_1 = L_2 C_2$ — to ze wzoru Thomson'a bezpośrednio wynikać będzie, że w takim wypadku okresy obydwu obwodów sprzężonych zostaną zrównane, czyli że $T_1 = T_2$.

Wtedy drgania, powstające w obwodzie **II**, będą posiadać największą amplitudę, jaka przy danej mocy drgań w obwodzie **I** i danym sprzężeniu jest możliwą, co zresztą potwierdzamy niżej.

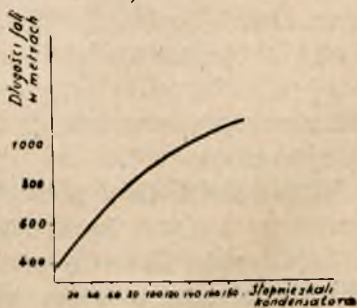
Dwa obwody o uzgodnionych okresach nazywać będziemy **nastrojonemi do rezonansu**, a zjawisko równości okresów drgań w tych obwodach nosi nazwę **rezonansu** obwodów. Zjawiska rezonansu spotykamy również w mechanice: tak na przykład, dwa wahadła o jednakowej długości, jednocześnie uruchomione, kołysać się będą zgodnie w czasie, wahania ich będą posiadać jednakowe okresy. Również do zjawisk ogólnie znanych należy rezonans akustyczny.

59. FALOMIERZ. Na zasadzie rezonansu polega działanie najbardziej rozpowszechnionego w radiotechnice przyrządu mierniczego — **falomierza**. Jak wynika z nazwy przyrządu — falomierz bezpośrednio służy do mierzenia długości fali obwodu drgań — zamkniętego lub rozwartego, pośrednio jednak falomierzem posługiwać się można do długiego szeregu najrozmaitszych pomiarów radiotechnicznych.

Zasadniczą część przyrządu stanowi zamknięty obwód drgań składający się z cewki indukcyjnej o indukcyjności stałej i kondensatora obrotowego o pojemności zmiennej (rys. 81). Jest zatem rzeczą zupełnie zrozumiałą, że danej pozycji wskazówki na skali kondensatora odpowiadać będzie pewna określona długość fali obwodu zamkniętego falomierza; długości fal są wypisane zwykle na skali kondensatora, lub też do falomierza



Rys. 81

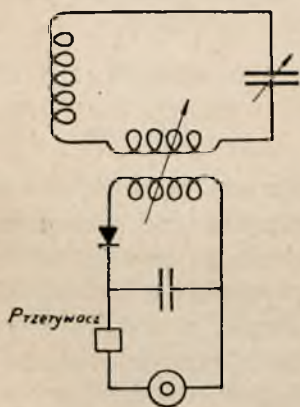


Rys. 82

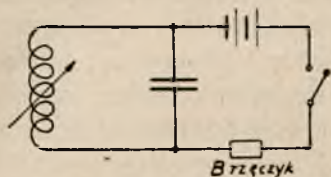
dołączony jest specjalny wykres (rys. 82), pozwalający odczytać długość fali na jaką nastrojony jest falomierz przy każdym położeniu płytek kondensatora obrotowego.

By zmierzyć długość fali pewnego obwodu drgań, sprzęgamy cewkę indukcyjną obwodu drgań falomierza z cewką obwodu, którego długość fali mierzymy i tak długo zmieniamy pojemność kondensatora obrotowego falomierza, aż otrzymamy rezonans, a wtedy długość fali falomierza staje się równa długości fali danego obwodu drgań.

Celem stwierdzenia, czy zachodzi zjawisko rezonansu, wykorzystuje się tę własność, że w chwili rezonansu prąd w obwodzie drgań falomierza staje się największy, to też do obwodu drgań falomierza włączona jest mała żaróweczka, która w chwili rezonansu będzie się najsilniej żarzyła, lub też sprzęga się indukcyjnie lub pojemnościowo obwód drgań falomierza ze specjalnym obwodem aperiodycznym t. zw. **obwodem słu-**



Rys. 83



Rys 84

chawkowym, do którego włączona jest (oprócz detektora i ewentualnie przerywacza — działanie których poznamy dalej) słuchawka telefoniczna (rys. 83). W chwili rezonansu słuchawka wyda najsilniejszy dźwięk.

W powyższy sposób mierzymy długość fali obwodu drgań (n. p. anteny), w którym znajduje się już prąd, często jednak

chodzi nam o nastrojenie obwodu drgań n. p. anteny stacji odbiorczej na pewną określoną długość fali, podczas zupełnego braku prądu w tym obwodzie. W tym celu, przy pomocy kondensatora obrotowego, regulujemy najpierw obwód drgań falomierza na żadaną długość fali, a następnie pobudzamy go do drgań zapomocą brzęczyka, poczem sprzęgamy falomierz z anteną i tak długo ją stroimy, aż otrzymamy rezonans, co stwierdzić się daje w słuchawce aparatu odbiorczego do którego dołączona jest dana antena odbiorcza. Brzęczyk stanowiący zwykle nieodłączną część falomierza, wraz z ogniwnem jest włączony do specjalnego obwodu sprzężonego indukcyjnie lub pojemnościowo z obwodem drgań falomierza. Przykład często spotykanego w tym wypadku sprzężenia obwodu brzęczkowego z obwodem drgań falomierza, przedstawia rys. 84. Często zdarza się, że obwód drgań falomierza posiada kondensator o pojemności stałej, a do regulacji długości fali służy cewka o indukcyjności zmiennej np. warjometr.

W kompletnym falomierzu, wszystkie obwody, t. j. obwód drgań, obwód słuchawkowy i obwód brzęczkowy, są zmontowane we wspólnej skrzynce.

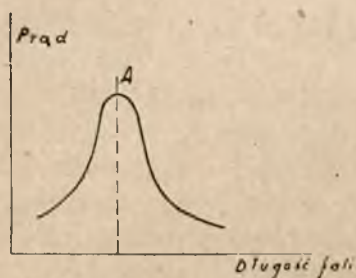
60. KRZYWA REZONANSU. Zaopatrzymy teraz obwód falomierza w przyrząd mierniczy, w postaci np. amperomierza cieplnego, któryby wskazywał natężenie prądu, płynącego w obwodzie falomierza; z chwilą, gdy dzięki sprzężeniu obwodu falomierza z danym obwodem drgań, powstaną w pierwszym z tych obwodów drgania — obracając rączkę kondensatora falomierza obserwować będziemy jednocześnie wychylenia amperomierza; w miarę obracania rączki kondensatora wychylenia te będą w określony sposób zmieniać się.

Na zasadzie otrzymanych w powyższy sposób wyników zbudujemy wykres (rys. 85), noszący nazwę **krzywej rezonansu**.

Największe wychylenie amperomierza w obwodzie falomierza otrzymamy wtedy, gdy fala obwodu badanego równać się

będzie fali, wskazanej przez wskazówkę kondensatora falomierza; prowadząc zatem linię pionową **AB** przez szczyt wykresu — w punkcie **B** na osi poziomej odczytamy długość fali mierzonej.

Kształt krzywej rezonansu (ostrość wierzchołka) zależy przede wszystkim od tłumienia obwodów, to znaczy obwodu badanego i obwodu falomierza: im mniejsze tłumienie posiadają te obwody, tem ostrzejszy wierzchołek posiada krzywa rezonansu i tem dokładniejszy jest pomiar długości fali.



Rys. 85

Krzywa rezonansu jest również tem ostrzejszą, im słabiej obydwa obwody są ze sobą sprzężone. Sprzężenie to musi być jednak na tyle silne, by żarówka rozżarzyła się w chwili rezonansu, względnie by słuchawka wydała dźwięk lub amperomierz dostatecznie wychylił się.

61. REZONANS MIĘDZY OBWODAMI ROZWARTEM I STACJI NADAWCZEJ I ODBIORCZEJ. Anteny stacji nadawczej i odbiorczej rozpatrywać możemy jako dwa obwody drgań, sprzężone ze sobą bardzo słabo. Ażeby więc fale, wytworzone przez obwód rozwarły stacji nadawczej, mogły w obwodzie stacji odbiorczej wywołać jaknajsilniejsze działanie — obwód rozwarły stacji odbiorczej winien być **nastrojony** na długość fali stacji nadawczej. Innymi słowy, antena stacji odbiorczej winna się znajdować w rezonansie z anteną stacji nadawczej. — Wtedy stacja odbiorcza reagować będzie najsilniej tylko na sygnały właściwe, nadane taką falą, na jaką zo-

stała nastrojona, natomiast wszystkie inne, obce sygnały, nadane falą innej długości, będą się zaznaczać słabiej o tyle, o ile większa zachodzi różnica między długością danej fali, a długością fali rezonansowej anteny odbiorczej. Zjawisko rezonansu zatem, zastosowane do obwodów rozwartych stacji nadawczej i odbiorczej, jako dwu sprzężonych układów drgań — daje jedyny środek, umożliwiający wydzielenie właściwych sygnałów z pośród wielu innych, nadawanych falami innej długości, pod których działaniem znajduje się zawsze każda antena odbiorcza.

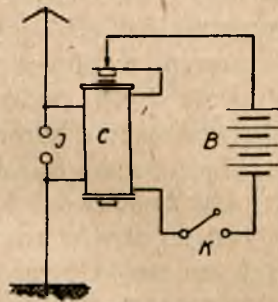
VII. NADAWCZE STACJE ISKROWE.

62. SYSTEM ISKROWY MARCONI'EGO. W pierwszym systemie stacyj iskrowych (rys. 86) wyładowania iskrowe, zachodzące w umieszczonym w obwodzie anteny iskierniku kulkowym **J**, wywoływane były przez cewkę indukcyjną Ruhmkorff'a **C**; źródło zasilające stanowiła bateria **B** ogniw lub akumulatorów, przyłączona do zacisków uzwojenia pierwotnego cewki **C** przez klucz nadawczy **K**. Jedynym obwodem drgań podobnej stacji jest jej obwód rozwarty: z chwilą naciśnięcia klucza rozpoczyna się ładowanie pojemności anteny i gdy różnica potencjałów między elektrodami iskiernika osiągnie dostateczną wartość — powstaje iskra, wznecająca w antenie impuls prądu drgającego o amplitudzie zanikającej (rys. 43). Długotrwałe przyciśnięcie klucza wywoła szereg iskier, a więc spowoduje szereg podobnych impulsów prądu drgającego: nadawanie kropki (krótkie przyciśnięcie klucza) da takich impulsów kilka lub kilkanaście, a nadawanie kreski (długie przyciśnięcie klucza) — kilkadziesiąt.

Zasadniczą wadę opisanego systemu stanowi bezpośrednio umieszczenie iskiernika w antenie: dzięki znacznemu bowiem oporowi iskry, wytwarzane przez antenę fale posiadają bardzo znaczne tłumienie, a jak zaznaczyliśmy wyżej, utrudnia to dokładne strojenie stacji odbiorczej oraz wyeliminowanie w niej sygnałów stacyj nadawczych obcych.

Oprócz tego, stacje podobnego systemu nie nadają się do

wytwarzania fal o dużej mocy: pomijając tę okoliczność, że cewka indukcyjna Ruhmkorff'a z natury swej dużych mocy przetwarzać nie może (ze względu na przyrywacz) — trzeba stwierdzić, że antena posiada zawsze pojemność stosunkowo małą; drgania zaś każdego impulsu trwają bardzo krótko, dzięki ich mocnemu tłumieniu spowodowanemu dużą opornością przerwy iskrowej, skąd wynika, że moc fal, wytwarzanych przy pomocy podobnego urządzenia, nie może być znaczna, tembardziej, że stacje te w układzie Marconi'ego posiadały antenę prostoliniową o bardzo małej pojemności. Pochodzi stąd przeciążenie anteny, co swoją drogą powoduje zbyteczne i szkodliwe straty.

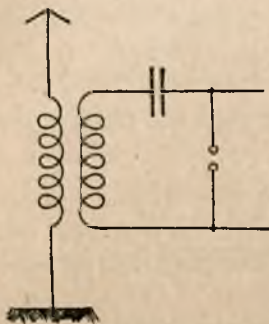


Rys. 86

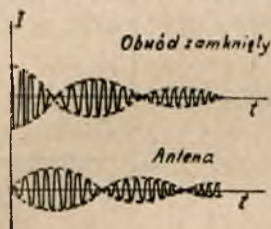
63. SYSTEM BRAUN'A. Wskazane wady systemu Marconi'ego zostały do pewnego stopnia usunięte przez **Braun'a** i **Slaby'ego**. Zasadniczą cechą ich systemu stanowi zastosowanie w stacji nadawczej dwu obwodów drgań, ze sobą **sprzężonych** i nastrojonych do **rezonansu**: w pierwszym z nich umieszcza się iskiernik; jest to t. zw. **wzbudzający** czyli **bodźczy obwód zamknięty** — drugi obwód stanowi antena (**obwód promieniujący**). Schemat podobnego urządzenia widzimy na rys. 87. Dzięki zastosowaniu zamkniętego obwodu wzbudzającego, którego kondensator posiadać może pojemność bardzo znaczną — o wiele większą od pojemności anteny — wytwarzać można w tym obwodzie drgania o większej mocy bez nadmiernego przeciążenia anteny, gdyż usunięcie przerwy

iskrowej z anteny dodatnio wpływa na zmniejszenie tłumienia wytwarzanych fal: dzięki nieznacznej wielkości tłumienia, antena pracuje w ciągu odpowiednio dłuższego czasu pod wpływem każdego impulsu drgania; zmniejszenie tłumienia wytwarzanych fal ponadto również dodatnio zaznacza się w sensie dokładności nastrojania stacji odbiorczej.

Pomimo jednak swych dużych zalet system **Braun'a** posiada poważną wadę. Mianowicie, ażeby dostateczna ilość energii przechodzić mogła z obwodu zamkniętego do obwodu anteny — obwody te winny być sprzężone ze sobą dosyć mocno. Przy silnem zaś sprzężeniu daje się wyraźnie zauważyć **odziaływanie wsteczne** obwodu anteny na obwód zamknięty: podczas trwania iskry w obwodach tych zachodzą będą drga-



Rys. 87



Rys. 88

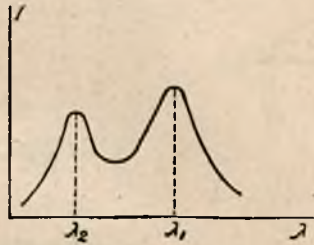
nia według wykresów, wskazanych na rys. 88: w każdym z obwodów zachodzą **dudnienia tłumione**, energja drgań zatem wędruje kolejno z jednego obwodu do drugiego. Zachodzące w tym wypadku **drgania złożone**, jak stwierdza teoria, rozłożyć się dają na **dwa drgania proste tłumione**. Innemi słowy, antena promieniuje falą **podwójną**, czyli wytwarza dwie fale, o rozmaitej długości. Jeśli początkowo obydwie obwody nastrojone były do rezonansu na długość fali λ_0 , a stopień sprzężenia między obwodami wynosi K , które dla sprzężenia silnego jest niewiele mniejsze od jedności, to długości fal składowych określa się z równań

$$\begin{aligned}\lambda_1 &= \lambda_0 \sqrt{1 + K} \\ \lambda_2 &= \lambda_0 \sqrt{1 - K}\end{aligned}\quad (22)$$

a krzywa rezonansu przy sprzężeniu silnym przybierze kształt wskazany na rys. 89., na którym obie fale składowe są uwidocznione.

Właśnie to zjawisko wysyłania podwójnej fali stanowi główną wadę systemu **Braun'a**. W istocie stację odbiorczą nastroić możemy na jedną tylko falę, skąd wynika, iż energia w drugiej fali niesiona, zostaje niewyuzyskana.

Z drugiej strony, ciągła wędrówka energii z jednego obwodu do drugiego łącznie z długim stosunkowo czasem trwania iskry powoduje zbyteczne i szkodliwe straty energii w obwodzie zamkniętym.

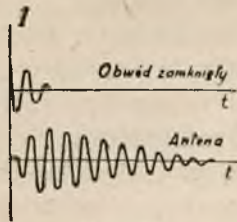


Rys. 89

64. SYSTEM WIEN'A (wzbudzenie bodźcze). Najbardziej doskonały, system wzbudzania drgań gasnących w antenie stacji iskrowej polega na opracowanej przez **Wien'a** zasadzie t. zw. **wzbudzenia bodźczego**.

Podobnie, jak w systemie **Braun'a** — stacja posiada zamknięty obwód drgań z umieszczonym w nim iskiernikiem. Powróćmy do rys. 88 i wyobrazimy, iż wskutek jakiegokolwiek bądź przyczyny w obwodzie zamkniętym iskra zostaje zupełnie **przerwaną** w chwili, gdy amplituda pierwszego impulsu drgania osiąga **wartość zerową**. Dzięki przerwaniu obwodu zamkniętego przez zerwanie iskry, energia z obwodu anteny nie może powrócić do obwodu zamkniętego, wskutek czego

w obwodzie anteny zachodzić będą drgania słabo tłumione (z tłumieniem, dla anteny właściwym) o pojedynczej fali. Wykres zjawiska w obydwu obwodach przedstawia rys. 90.



Rys. 90

65. ISKIERNIKI W SYSTEMIE WZBUDZANIA BODŹCZEGO. Ażeby wzbudzić w antenie słabo tłumione drgania zapomocą opisanego procesu — należy jakakolwiekby drogą stłumić iskrę w iskierniku w odpowiedniej ku temu chwili. Daje się to osiągnąć zapomocą specjalnej konstrukcji iskierników. Iskierniki podobne polegają na dwu różnych zasadach, a mianowicie na:

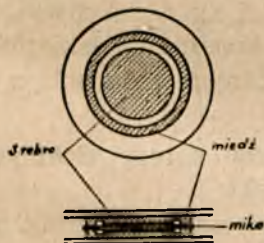
1. gaszeniu iskry zapomocą środków **natury elektrycznej** (iskierniki **talerzowe**, czyli **wielokrotne**).
2. gaszeniu iskry **sposobem mechanicznym** (iskierniki **rotacyjne**).

Iskiernik wielokrotny składa się z kilku par (dla wytworzenia drgań o większej mocy) elektrod iskrowych (rys. 91), sporządzanych zazwyczaj z miedzi, z czynną powierzchnią srebrną, o dosyć dużych rozmiarach. Dzięki krótszej iskrze (której długość równa się grubości pierścienia mikowego, rozdzielającego elektrody i wynosi zwykle 0.2 mm) oraz dobremu chłodzeniu (znaczące przewodnictwo cieplne i duża masa oraz powierzchnia elektrod) — osiąga się szybką dejonizację przerwy iskrowej i łatwe gaszenie iskry w chwili, gdy amplituda pierwszego impulsu drgania spada do zera.

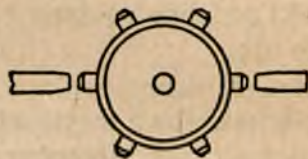
Iskiernik rotacyjny (rys. 92) stanowi tarczę metalową, zaopatrzoną w szereg elektrod w kształcie zębów i obracaną zapomocą silnika. Iskra powstaje w przestrzeni między elektro-

dami nieruchomymi a zębami tarczy w chwili, gdy odległość między nimi jest dostatecznie małą i gaśnie wtedy, gdy odległość ta wskutek ciągłego ruchu obrotowego tarczy odpowiednio się zwiększy, aby powstać ponownie, kiedy następne zęby zbliżą się znowu dostatecznie do elektrod nieruchomych. Rzecz oczywista, iż odległość między zębami tarczy a elektrodami nieruchomymi winna być regulowana w zależności od napięcia w obwodzie zamkniętym. Szybka dejonizacja przerwy iskrowej osiąga się w iskierniku rotacyjnym dzięki ciągłemu ruchowi cząsteczek powietrza w pobliżu iskry, wywoływanemu przez ruch obrotowy tarczy iskiernikowej.

Im więcej zębów posiada iskiernik rotacyjny, tem częstsze są impulsy prądu, a wskutek tego tem wyższy ton wyda słuchawka odbiornika.



Rys. 91



Rys. 92

66. ISKRA DŹWIĘCZNA. Szybko zachodząca dejonizacja przerw iskrowych oraz bardzo krótki czas trwania drgań w obwodzie zamkniętym umożliwiają stosowanie w systemie wzbudzenia bodźczego iskier częstych, do 2000 na sekundę, co w telefonie stacji odbiorczej spowoduje czysty ton, a nie dźwięk trzeszczący, jak w systemie Marconi'ego. Dzięki temu system Wien'a nazywają inaczej **systemem iskier dźwięcznych**. Ułatwia to w większym jeszcze stopniu usuwanie wpływu sygnałów obcych na stacji odbiorczej, dającej się nadto bardzo dokładnie nastroić dzięki małowemu tłumieniu fali, nadawanej systemem wzbudzenia bodźczego. Wszelkiego rodzaju zaburzenia, wywoływane przez wyładowania atmosferyczne,

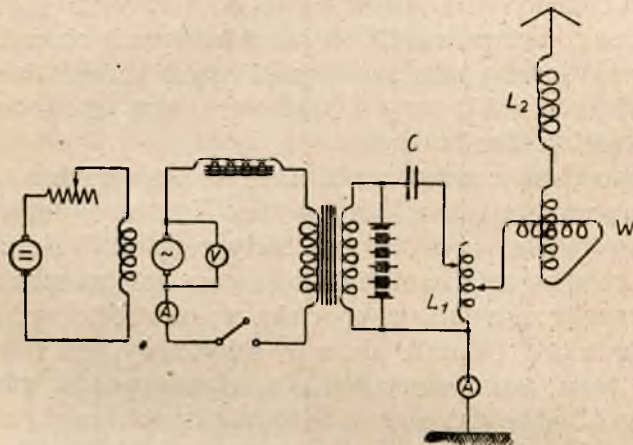
dają się nadto o wiele łatwiej wyróżniać na tle czystego tonu, niż na tle dźwięku trzeszczącego. Jeszcze jedna poważna zaleta systemu wzbudzania bodźczego polega na tem, że dzięki krótkotrwałemu obciążaniu obwodu zamkniętego przez każdorazową iskrę, nieużyteczne straty, zachodzące w tym obwodzie, odpowiednio są zmniejszone, co powoduje też pewne uproszczenia w konstrukcji części składowych obwodu zamkniętego. Współczynnik sprawności stacji takiej winien być zatem większy niż w innych systemach iskrowych, co w zupełności potwierdza praktyka.

O regulowaniu częstotliwości iskry w systemach z iskiernikiem zwyczajnym mówiliśmy wyżej. To samo dotyczy też iskiernika Wien'a: częstotliwość iskry regulować się daje za pomocą regulowania napięcia alternatora zasilającego, co się skutecznia przesuwaniem opornika w obwodzie wzbudzającym alternatora. Opornik ten z tej przyczyny nosi nazwę **regulatora tonu**. Najczystszy ton otrzymamy wtedy, gdy iskra powstawać będzie w momentach największych wartości napięcia alternatora zasilającego, to jest przy częstotliwości iskry, równej podwojonej częstotliwości alternatora (czyli gdy iskra powstawać będzie w momencie każdej dodatniej i ujemnej amplitudy napięcia). A że najdogodniejszy dla ucha ton posiada 1000 drgań na sekundę — przeto w stacjach iskrowych systemu Wien'a przeważnie spotykamy alternatory zasilające o częstotliwości 500 okresów na sekundę.

W stacjach z iskiernikiem rotacyjnym, ton, przy danem napięciu alternatora i danej ilości zębów tarczy iskiernikowej, zależy wyłącznie od szybkości obrotowej tarczy: zmieniając zatem ilość obrotów tarczy, lub przy niezmiennej ilości obrotów — zmieniając ilość zębów iskiernika, zmieniać można ton stacji.

Iskiernik rotacyjny, posiadający tarczę, osadzoną na osi alternatora zasilającego stacji — nosi nazwę iskiernika **synchronicznego**: w iskiernikach synchronicznych między częstotliwością maszyny a częstotliwością iskry zachodzi stały stosunek. Elektrody nieruchome winny być ustawiane w taki

sposób, aby iskra powstawała właśnie wtedy, gdy napięcie alternatora mija amplitudę. W praktyce iskierniki rotacyjne synchroniczne spotykamy częściej, niż **asynchroniczne**, obracane za pomocą specjalnego silnika, zupełnie niezależnie od biegu alternatora zasilającego.



Rys. 93

67. URZĄDZENIE STACYJ ISKROWYCH. W stacji iskrowej wyznaczyć możemy następujące obwody zasadnicze (rys. 93):

1. **Obwód wzbudzający alternatora** (obwód prądu stałego): twornik maszyny prądu stałego, opornik, uzwojenie wzbudzające alternatora.

2. **Obwód małej częstotliwości i niskiego napięcia** (obwód zasilający): uzwojenie twornikowe alternatora, amperomierz, cewka dławikowa, klucz nadawczy, uzwojenie pierwotne transformatora.

3. **Obwód małej częstotliwości i wysokiego napięcia** (obwód ładujący): uzwojenie wtórne transformatora, kondensator, cewka indukcyjna L_1 .

4. **Obwód wielkiej częstotliwości i wysokiego napięcia** (obwód zamknięty, obwód bodźczy): kondensator, cewka indukcyjna L_1 (wzgl. cewka sprzęgająca), iskiernik.

5. **Obwód rozwarty** (obwód anteny, obwód promieniujący): antena, cewka przedłużająca L_2 , warjometr W , cewka sprzęgająca L_1 , amperomierz, uziemienie (przeciwwaga).

Cewkę dławikową w obwodzie zasilającym umieszcza się nietyko w tym celu, aby zapobiec indukowaniu prądów wielkiej częstotliwości w obwodzie zasilającym, lecz również, aby można było zachować rezonans między obwodem zasilającym, a obwodem małej częstotliwości i wysokiego napięcia. Rezonans między temi obwodami jest konieczny ze względu na osiągnięcie jaknajwiększego napięcia na okładkach kondensatora.

VIII. ZASADY ODBIORU.

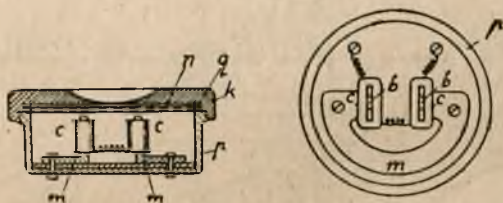
68. ZASADA DZIAŁANIA STACJI ODBIORCZEJ. Fale elektromagnetyczne, spotykając na swej drodze nastrojoną do rezonansu antenę stacji odbiorczej, wznecają w niej prąd drgający o takim samym przebiegu i identycznej częstotliwości, jak prąd drgający w antenie stacji nadawczej, wytwarzającej te fale. Różnica zachodzi tu jedynie pod względem ilościowym, gdyż amplitudy prądów, powstających w antenie odbiorczej, są bardzo nieznaczne. Zadanie stacji odbiorczej polega na tem, aby ten nadzwyczaj słaby prąd drgający w jakikolwiekby sposób **ujawnić** i odczytać odbierane sygnały. Do tego celu służy **aparatus odbiorczy**. Jeśli go rozumieć będziemy w najprostszym układzie — to za części zasadnicze jego uważać wypadnie **słuchawkę telefoniczną (telefon)** i **dektor**.

69. BUDOWA I DZIAŁANIE SŁUCHAWKI TELEFONICZNEJ (rys. 94). Stały magnes podkowiasty **m**, umieszczony w metalowem pudełku **p**, na swych odgiętych ku górze biegunach **bb** posiada dwie cewki **cc** o wielu zwojach cienkiego drutu. Nad biegunami znajduje się w bardzo bliskiej od nich odległości błona **n** z cienkiej blachy żelaznej, zwana **membraną**, umocowana zapomocą pierścienia uszczelniającego **q** i muszli ebonitowej **k** z otworem w środku.

Dzięki magnetyzmowi stałego magnesu podkowiastego, membrana jest stale utrzymywana w stanie pewnego naprę-

żenia, gdyż magnes ją przyciąga. Jeśli teraz w uzwojeniu cewek popłynie prąd zmienny lub tętniący, to natężenie pola magnetycznego ulegać będzie pewnym zmianom, zależnym jakościowo od charakteru i kierunku prądu, a ilościowo od natężenia prądu i ilości zwojów cewek. Żelazna membrana pod wpływem zmian, zachodzących w natężeniu pola magnetycznego, wykonywać będzie drgania, które udziela się przylegającej warstwie powietrza, a przechodząc przez otwór w muszli i działając na błonę bębenkową ucha ludzkiego — wywołają wrażenie ciągłego **dźwięku tonowego**, o ile będą dostatecznie częste.

Jest rzeczą zupełnie zrozumiałą, że słuchawka okaże się na dany prąd drgający tem wrażliwszą — im więcej zwojów posiadają jej cewki, a że z powodu ograniczonego miejsca przy większej ilości zwojów wypada stosować drut nader cienki—



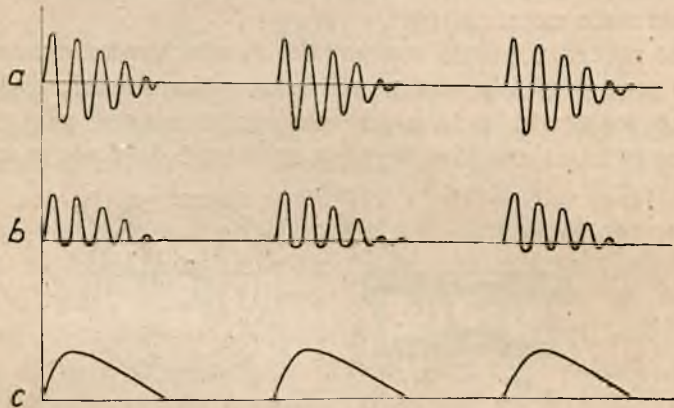
Rys. 94

czułe słuchawki posiadają zwykle bardzo duży opór omowy. Mylnem jednak byłoby mniemanie, iż wrażliwość swą słuchawka zawdzięcza dużemu oporowi uzwojeń. Używane w radiotechnice słuchawki posiadają zwykle opór omowy w granicach od 1000 do 4000 omów; przeważnie słuchawki radiotechniczne są łączone po dwie i przymocowane do pałaka sprężynowego, nakładanego na głowę radiotelegrafisty.

70. DETEKTOR. Słaby prąd drgający, powstający w antenie odbiorczej, płynąc w uzwojeniu słuchawki włączonej do anteny, nie jest w stanie wywołać drgań jej błony, gdyż błona ta, jako posiadająca dosyć dużą bezwładność mechaniczną, nie może wykonywać drgań z olbrzymią częstotliwością prądu drgającego. Oprócz tego, gdybyśmy nawet zdołali skonstruo-

wać odpowiednio subtelną błonę, to i w tym wypadku drgań tak częstych ucho ludzkie nie mogłoby odczuć w postaci dźwięku. Zachodzi więc potrzeba uzupełnienia urządzenia odbiorczego w celu przekształcenia drgań, powstających w antenie odbiorczej, w taki sposób, aby słuchawka telefoniczna i ucho ludzkie mogły na nie reagować. Zadanie to wypełnia **detektor**.

Prąd drgający, wznieczony w antenie, wyrazić można zapomocą wykresu na rys. 95-a. Prąd tego rodzaju, jak zaznaczyliśmy wyżej, nie wywoła drgań błony słuchawki.

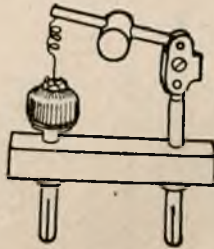


Rys. 96

Jeśli jednak szeregowo ze słuchawką włączymy **prostownik prądu** (wentyl), czyli przyrząd, umożliwiający przepływ prądu tylko w jednym kierunku, a stawiający mu bardzo znaczny opór w kierunku przeciwnym, — to wykres prądu w antenie przekształci się w sposób, wskazany na rys. 95-b. Teraz błona słuchawki podlegać będzie działaniu impulsów prądu już nie zmiennego, lecz tętniącego (jednokierunkowego), a wskutek swej bezwładności zachowywać się będzie tak, jakgdyby działały na nią nie powtarzające się grupami częste impulsy według wykresu rys. 95-b, lecz rzadkie impulsy prądu o wielkości średniej prądu wyprostowanego (rys. 95-c). Impulsy prądu działające na słuchawkę, wskazane na rys. 95-c, powta-

rzają się z **częstotliwością iskry** stacji nadawczej. Częstotliwość iskry stacji nadawczej określa zatem ton, jaki da się słyszeć w słuchawce.

Stosowane w praktyce radiotelegraficznej prostowniki do ujawniania prądów odbiorczych noszą ogólną nazwę **detektorów**, t. j. „ujawniaczy“ prądu drgającego. Z bardzo licznych konstrukcyj detektorów, w działaniu swoim polegających na najrozmaitszych zasadach, dziś najczęściej spotykamy t. zw. **detektory stykowe**, stanowiące połączenie (styk) igły metalowej z kryształem mineralnym (rys. 96). Przeważnie stosuje się do tego celu następujące „pary“ stykowe: srebro-galena (siarczek ołowiu), stal-karborund, srebro-błyszcz molibdenu. Istnieją też detektory utworzone przez styk dwu kryształów mineralnych (cynkit-chalkopiryt).

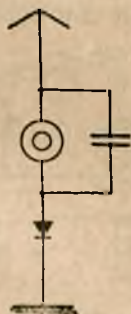


Rys. 96

Przewagę pod względem wydajności nad detektorami stykowymi, posiadają **detektory lampowe** (omówione dalej), to też detektory stykowe poza zastosowaniem laboratoryjnym, stosowane są jedynie w falomierzach i w stacjach odbiorczych (odbiornikach broadcastingowych) przewidzianych do odbierania jedynie lokalnych stacji nadawczych radjofonicznych.

71. STACJA ODBIORCZA O SCHEMACIE NAJPROSTSZYM. Stację odbiorczą w możliwie najprostszym układzie przedstawia schematycznie rys. 97: szeregowo w obwodzie anteny umieszcza się telefon oraz detektor. Praktyka wskazuje, a teoria to potwierdza, iż dźwięk odbieranych sygnałów

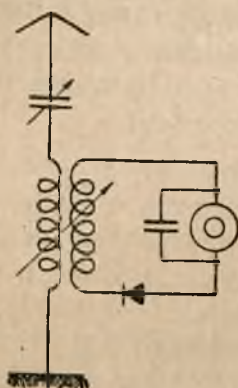
znacznie się spotęguje, jeśli równolegle do uzwojeń słuchawki przyłączymy kondensator o pewnej stałej pojemności, nazywany w tym wypadku **kondensatorem zaworowym**. Kondensator taki znajdziemy zawsze w każdym aparacie odbiorczym. Kondensator ten, posiadając oporność dla prądów szybkozmennych znacznie mniejszą niż słuchawka, powoduje, że prądy te ominą słuchawkę, przez którą przepływać więc będzie tylko wyprostowany prąd średni (rys. 95-b i c) jedynie niezbędny dla działania słuchawki. Jakkolwiek stacja podobna do odbierania sygnałów nadaje się — to jednak stanowi urządzenie tak niedoskonałe, iż stosowano ją jedynie w pierwszym stadium rozwoju radjotelegrafji. Uzwojenie telefonu, a w szcze-



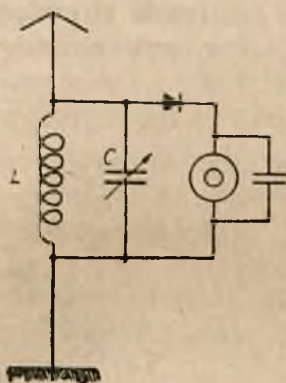
Rys. 97

gólności styk detektora, stanowią opór omowy tak znaczny, iż dzięki bezpośredniemu umieszczeniu tych przyrządów w obwodzie anteny, obwód ten przestaje być obwodem drgań, a jeśli nie staje się obwodem aperiodycznym w ścisłym słowa znaczeniu — to tłumienie jego jednak w każdym razie jest ogromne. Stąd wynika, że dokładne nastrojenie obwodu podobnej stacji odbiorczej do rezonansu względem fal odbieranych oraz wyeliminowanie fal obcych stacyj nadawczych staje się niemożliwym, a nadto, duży opór anteny powoduje znaczne straty nieużyteczne odbieranej energii, która sama przez się jest znikomo małą.

72. STACJA ODBIORCZA Z OBWODEM APERJODYCZNYM SPRZEŻONYM. W celu zmniejszenia szkodliwego tłumienia anteny oraz uzyskania możliwości dokładnego nastrojenia obwodu anteny do rezonansu względem fal odbieranych — właściwy obwód odbiorczy, to znaczy obwód, zawierający detektor i telefon z kondensatorem zaworowym, — oddzielono od obwodu anteny, sprzęgając go z anteną indukcyjnie lub bezpośrednio. W ten sposób powstała stacja odbiorcza o dwu obwodach zasadniczych (rys. 98), z których pierwszy jest obwodem drgań (obwód anteny), drugi zaś, dzięki dużemu oporowi omowemu detektora, stanowi obwód



Rys. 98



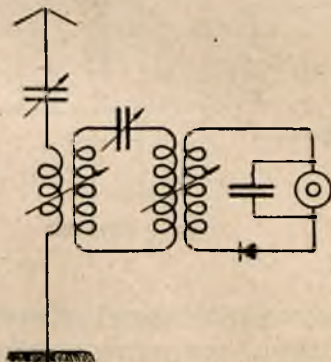
Rys. 99

aperjodyczny i nazywa się inaczej obwodem detektorowym. Wskutek tego, iż obwód anteny w stacji odbiorczej o takim układzie jest obwodem drgań — stację można dokładnie nastroić na fale odbierane za pomocą regulowania indukcyjności cewki przedłużającej oraz pojemności włączonego do anteny kondensatora obrotowego. Zwykle aparaty tego rodzaju posiadają **przełącznik kondensatorowy** o dwu pozycjach, z których jedna odpowiada **falom krótkim** (szeregowe przyłączenie kondensatora), a druga — **falom długim**, (równoległe przyłączenie kondensatora). Antenę dostrajamy, dając najmocniejszy stopień sprzężności między obwodem detektorowym a an-

tena, i następnie, odszukawszy już odbierane sygnały, osłabiamy sprzężność dopóty, dopóki nie dadzą się możliwie dokładnie usunąć wszelkie fale obce — w takich jednak granicach, aby nie osłabić nadmiernie siły dźwięku sygnałów właściwych.

Bezpośrednie sprzężenie obwodu detektorowego z anteną przedstawia rys. 99. Kondensator anteny jest tu włączony równoległe do cewki przedłużającej, a więc odbiornik ten przewidziany jest dla fal dłuższych, niż gdyby kondensator anteny był włączony szeregowo z cewką przedłużającą.

73. STACJA ODBIORCZA Z OBWODEM POŚREDNIM.
Dalsza ewolucja schematu stacji odbiorczej doprowadza do układu z **pośrednim obwodem drgań** (rys. 100). Taka stacja posiada zatem trzy obwody zasadnicze, z których dwa są obwodami drgań (obwód anteny i obwód pośredni), trzeci zaś stanowi obwód aperiodyczny (detektorowy).



Rys. 100

Dzięki zastosowaniu obwodu pośredniego, również nastrojonego do rezonansu, osiąga się jeszcze bardziej dokładne strojenie układu na daną długość fali; oczywiście, dzieje się to z pewną stratą w sile dźwięku odbieranych sygnałów, odbiór jednak zyskuje na czystości i nie jest zakłócany przez szkodliwe wpływy obce. Wyszukiwanie sygnałów uskutecznia się w takim obwodzie bez pomocy obwodu pośredniego:

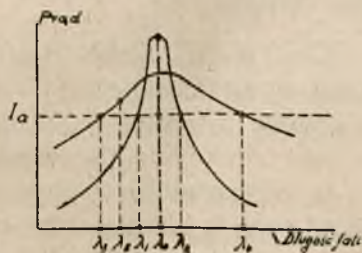
specjalny wyłącznik daje możliwość sprzęgania obwodu aperiodycznego z anteną, a dopiero po odszukaniu potrzebnych sygnałów wprowadza się obwód pośredni, nastroja się go do rezonansu i następnie dobiera się najdogodniejszy stopień sprzężności między anteną a obwodem pośrednim oraz między obwodem pośrednim a aperiodycznym.

74. OSTROŚĆ NASTROJENIA I SELEKTYWNOŚĆ. Im dokładniej aparat odbiorczy daje się nastroić na daną długość fali, czyli im w mniejszym zakresie reaguje on na fale sąsiedniej długości, tem większą jest **ostrość nastrojenia** aparatu, który w wypadku takim nazywamy **selektywnym**. Jeśli na przykład, w aparacie, nastrojonym na falę $\lambda_0 = 1000$ m, nie zauważymy zupełnie działania fal już o długości $\lambda_1 = 960$ m i $\lambda_2 = 1040$ m, to mówimy, że ostrość nastrojenia wynosi:

$$\frac{\lambda_2 - \lambda_0}{\lambda_0} \cdot 100 = \frac{\lambda_0 - \lambda_1}{\lambda_0} \cdot 100 = 4\% \quad (23)$$

Ponieważ na ostrość nastrojenia wpływa również tłumienie fal odbieranych, przeto najlepsze nastrojenie, posługując się danym aparatem odbiorczym, osiągnąć można przy odbieraniu fal niegasnących.

By przedstawić sobie zjawisko **selektywności** w odbiorniku, wykreślmy krzywą rezonansu o słabem tłumieniu (rys. 101)



Rys. 101

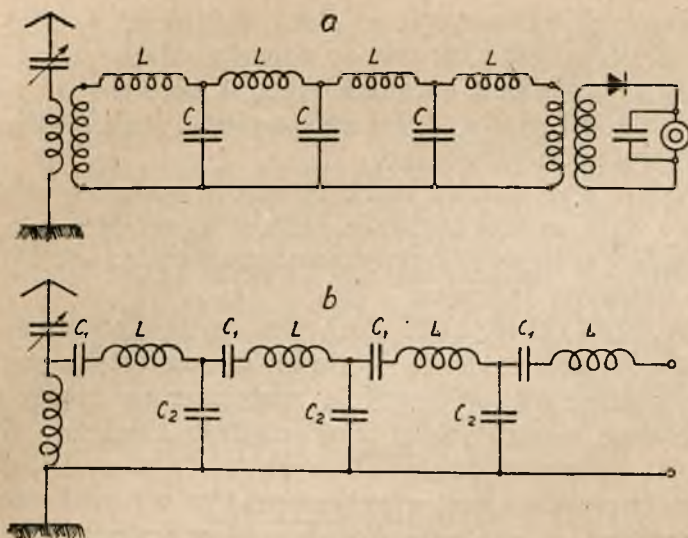
anteny, za pomocą której chcemy odbierać falę o długości λ_0 , wiedząc z góry, że do uruchomienia słuchawki danego odbiornika, w antenie musi powstawać prąd o minimalnej wartości I_a . Chcąc by słuchawka nie reagowała na prądy wytwa-

rzane przez obce stacje nadawcze, podczas gdy antena jest nastrojona na falę λ_0 , długość fali obcych stacji musi być **mniejszą** od λ_1 lub **większą** od λ_2 , gdyż wszystkie stacje nadające na falach zawartych między λ_1 i λ_2 będą słyszane, oczywiście za wyjątkiem odległych stacji małej mocy, które chociaż mogą nadawać na falach zawartych między λ_1 i λ_2 , prąd jednak wytworzony przez nie w antenie stacji odbiorczej będzie **mniejszym** od I_a .

Wykreślmy teraz krzywą rezonansu o silnem tłumieniu anteny (rys. 101). Zauważymy przedewszystkiem z wykresu, że stację, którą chcemy odbierać na fali λ_0 , słyhać będzie słabiej niż w wypadku anteny o słabem tłumieniu, a następnie spostrzeżemy, że w odbiorniku wyeliminować możemy sygnały obcych stacji nadawczych, pracujących na falach **mniejszych** od λ_3 i **większych** od λ_4 , które muszą bardziej odbiegać od fali λ_0 , niż w wypadku anteny o słabem tłumieniu; np. stacja nadająca na długości fali λ_6 , w pierwszym wypadku będzie wyeliminowana, a w drugim będzie przeszkadzała w odbiorze stacji nadającej na fali λ_0 . Wynika z tego, że **możliwie najsłabsze tłumienie anteny jest niezbędnym warunkiem selektywności odbiornika.**

Przy zastosowaniu obwodu pośredniego w odbiorniku, selektywność znacznie zwiększa się.

75. FILTRY ELEKTRYCZNE. Celem zwiększenia selektywności, na większych stacjach odbiorczych stosuje się t. zw. **filtry elektryczne**, złożone z pewnej ilości **członów**, w skład których wchodzi cewki indukcyjne i kondensatory (rys. 102-a i b) rozmieszczone w poszczególnych komórkach w najrozmaitszy sposób. Układ tych kondensatorów i cewek przedstawia pewien układ oporności indukcyjnych i pojemnościowych, wielkość których zależy od częstotliwości doprowadzonego do nich prądu. Wielkości więc tych oporności i ich układ możemy tak dobrać, by filtr ten przepuszczał tylko prądy o pewnym zakresie częstotliwości, dla innych natomiast przedstawiał opór bardzo duży.



Rys. 102

Prądy przepuszczone przez filtr ulegają osłabieniu, dlatego też po przejściu przez filtr muszą być wzmacniane za pomocą wzmacniaczy lampowych.

76. BUDOWA APARATÓW ODBIORCZYCH. Wszystkie części składowe aparatów odbiorczych są umieszczane w zamkniętej skrzynce drewnianej, nazewnątrz której znajdują się jedynie organy rozrządzące (tarcze kondensatorów obrotowych, regulatory cewek indukcyjnych i stopnia sprzężenia), oraz gniazda wtyczkowe do włączania detektorów i słuchawek, a także dwa zaciski, do przyłączenia sieci anteny i uziemienia (przeciwwagi).

Wszystkie wymienione części rozrządzące zmontowane są na zewnętrznej płycie ebonitowej, lub metalowej.

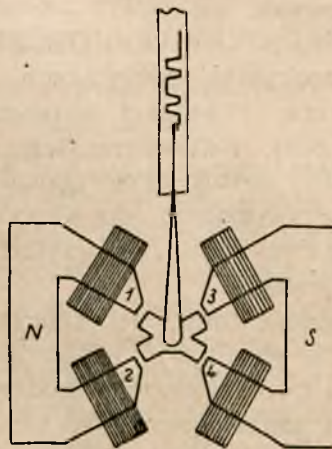
W stacjach małej i średniej mocy do nadawania i odbierania służy przeważnie ta sama antena. W tym wypadku stacja posiadać musi t. zw. **przełącznik główny**, zazwyczaj umieszczany przy aparacie odbiorczym, przyłączający antenę i uziemienie do aparatów odbiorczych lub nadawczych. Przełącznik ten automatycznie rządzi też systemem **zaworów**, unie-

możliwiających funkcjonowanie stacji nadawczej wtedy, gdy stacja odbiorcza jest włączona do obwodu anteny i naodwrot. Ma to na celu ochronę, delikatniejszego w konstrukcji aparatu odbiorczego, od prądu wysokiego napięcia, niezbędnego do zasilania aparatu nadawczego.

Wszystkie współczesne stacje odbiorcze posiadają ponadto specjalne wzmacniacze lampowe, służące do wzmacniania słabych prądów antenowych, przyczem stosowane są w nich wyłącznie detektory lampowe.

77. APARATY PISZĄCE. Poza słuchawką i podobnym do niej pod względem działania — **głośnikiem**, na dużych stacjach radiotelegraficznych odbiorczych, spotykane są często aparaty notujące automatycznie znaki alfabetu Morse'a. Większość tych aparatów, działanie których polega na przyciąganiu przez elektromagnes, pod wpływem prądów wyprostowanych przez detektor — kotwiczki zaopatrzonej w przyrząd piszący, zbudowana jest według następującej zasady:

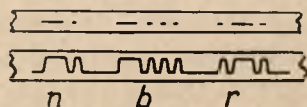
Wewnątrz pola magnetycznego magnesu stałego, posiadającego kształt wskazany na rys. 103, znajduje się kotwiczka



Rys. 103

z żelaza miękkiego, ruchoma dokoła osi prostopadłej do linii sił pola magnetycznego. Do kotwiczki przymocowany jest przy-

rzęd piszący w kształcie strzałki zakrzywionej, nasycany stale atramentem. Na biegunach magnesu znajdują się cewki nawinięte tak, że gdy przepływa przez nie prąd, to bieguny 1 i 4 zostają wzmocnione, a bieguny 2 i 3 osłabione. Gdy prąd nie płynie, to kotwiczka przytrzymywana z boku sprężynką, znajduje się w położeniu równowagi. Gdy natomiast przez cewki popłynie prąd wyprostowany przez detektor, kotwiczka zostanie zlekka obróconą dokoła swej osi. Wskutek tego, przyrząd piszący kreślić będzie linię na brzegu taśmy papierowej, mechanicznie przesuwającej się — gdy przez cewki prąd nie płynie, lub też pośrodku tej taśmy, gdy prąd przez cewki płynie, t. j. gdy klucz stacji nadawczej jest naciśnięty. Zapisana taśma ma wygląd wskazany na rys. 104.



Rys. 104

Aparat ten, noszący nazwę **magneto-oscylografu**, jest jednym z często stosowanych na dużych radiostacjach odbiorczych. Pewną odmianą podobnego aparatu jest t. zw. **syfon rekorder**.

Pozatem spotyka się czasem zwykle aparaty telegraficzne Morse'a, również piszące na taśmie znaki Morse'a, wreszcie aparaty automatycznie zapisujące radiotelegramy nie znakami Morse'a, lecz literami. Do tych ostatnich należą skomplikowane w konstrukcji i niepewne w działaniu z powodu wrażliwości na prądy wytworzone w odbiorniku pod wpływem wyładowań atmosferycznych, następujące aparaty znane w zwykłej telegrafii przewodowej: aparaty Hughesa (czyt. Jusa), Baudot, Wheatstone'a (czyt. Uitstona) i inne. Wszystkie te aparaty wymagają do ich uruchomienia znacznie większych energii elektrycznych, dlatego też stacje zaopatrzone w nie, posiadają specjalne wzmacniacze lampowe, wzmacniające słabe prądy wyprostowane przez detektor.

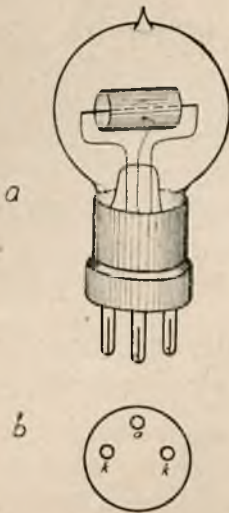
IX. LAMPY KATODOWE.

78. ZASTOSOWANIE I RODZAJE LAMP KATODOWYCH.

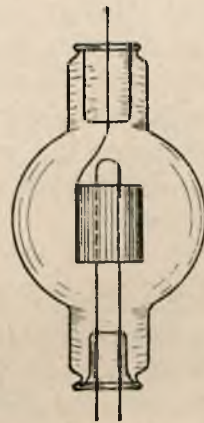
W dzisiejszym stadium rozwoju radjotechniki, **lampy katodowe** zajmują wśród przyrządów radjotechnicznych miejsce pierwszorzędne. Stwierdzić można, iż jeśli nie wyłącznie, to w każdym razie w bardzo poważnym stopniu, współczesny rozwój i najnowsze udoskonalenia radjotechniki zawdzięcza właśnie lampie katodowej, ogromnie już rozpowszechnionej. Lampa katodowa jest poniekąd przyrządem **uniwersalnym**, gdyż używa się jej jako: 1) **detektora** — od prostowania słabych prądów drgających, powstających w antenie odbiorczej; 2) **amplifikatora** — do wielokrotnego wzmacniania słabych prądów odbiorczych; 3) **generatora** — do wytwarzania niegasnących drgań elektrycznych, a więc i fal niegasnących, wreszcie jako 4) **prostownika** — służącego do zamiany napięć zmiennych na napięcia stałe. Dla pierwszych dwóch celów stosuje się lampy **trójelektrodowe** lub **czteroelektrodowe (dwusiatkowe)**, jako generator — lampy trójelektrodowe, wreszcie jako prostownik — lampy **dwuelektrodowe** (kenotrony).

79. LAMPA DWUELEKTRODOWA. Jest to bańka szklana (rys. 105-a), z której powietrze jest możliwie najdokładniej wypompowane, posiadająca wewnątrz dwie **elektrody**: 1) **katodę** czyli drucik żarowy i 2) **anodę**, mającą kształt cylindryczny. Katoda tworzy oś anody. Nazewnątrż lampy znajdują się trzy końcówki, z których dwie połączone są z obydwoma

końcami katody, a trzecia z anodą. Końcówki lampy ustawione są w porządku przedstawionym na rys. 105-b. Wygląd lampy dwuelektrodowej dużej mocy jest nieco odmienny (rys. 106) chociaż zasada jej działania jest tą samą: drucik katody jest wygięty, a końcówki elektrod znajdują się po przeciwnych stronach bańki szklanej.



Rys. 105



Rys. 106

Katoda jest sporządzoną przeważnie z wolframu, często pokrytego torem jako t. zw. **katoda torowana**, anoda natomiast — z niklu, a czasem z molibdenu.

Stopień próżni w lampie jest bardzo znaczny, mierzy się bowiem w milionowych częściach milimetra słupa rtęci.

80. ZASADA DZIAŁANIA LAMPY DWUELEKTRODOWEJ. Wyobraźmy sobie lampę w układzie przedstawionym na rys. 107. Katodę rozżarzamy przy pomocy baterji akumulatorowej **Bk** nazywanej **baterją żarzenia**, normalnie o napięciu 4 do 6 woltów. Anodę natomiast łączymy z jednym końcem katody przez miliamperomierz **mA** i baterję ogniów **Ba**, o napięciu kilkudziesięciu woltów, zwaną **baterją anodową**.

W układzie powyższym wyznaczyć możemy następujące dwa obwody charakterystyczne:

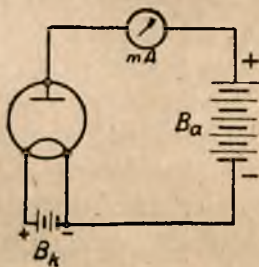
1) **obwód żarzenia** (czyli obwód katody), w skład którego wchodzi: bateria żarzenia i katoda;

2) **obwód anodowy** złożony z baterji anodowej, miliamperomierza, anody, próżni lampy i katody.

Rozżarzony drucik katody wydziela z siebie drobne elektryczne ładunki ujemne nazywane **elektronami**. Dzięki wytwarzanej przez baterję anodową znacznej różnicy potencjałów wewnątrz lampy między jej anodą a katodą, przyciem potencjał anody, jako dodatni jest większy od potencjału katody, — rozpocznie się w próżni lampy wędrówka wydzielonych przez katodę elektronów od potencjału niższego do potencjału wyższego t. j. od katody ku anodzie.

Zjawisko wydzielania elektronów przez katodę nosi nazwę **emisji elektronowej**.

Wewnątrz lampy obserwować zatem będziemy ruch elektryczności ujemnej, w postaci **prądu elektronowego** we wska-



Rys. 107

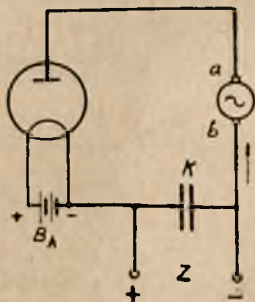
zanym wyżej kierunku. Elektrony te, jako ładunki ujemne, dążą do zubożenia się z ładunkami dodatnimi, doprowadzanymi ku anodzie przez baterję anodową. Anoda więc musi być stale zasilana w ładunki dodatnie z baterji anodowej, wskutek czego wytwarza się ruch tych ładunków, jako **prąd elektryczny**, w kierunku przeciwnym prądowi elektronowemu. Prąd elektryczny będzie więc przebiegał od bieguna dodatniego baterji anodowej, przez anodę, próżnię lampy i ka-

todę do bieguna ujemnego baterji anodowej. Chmurę elektronów wydzielanych przez katodę, możemy więc uważać za pomost umożliwiający przepływ prądu z baterji anodowej przez próżnię lampy.

Prąd elektryczny, płynący w obwodzie anodowym, natężenie którego wskazuje nam miliamperomierz mA, nazywamy **prądem anodowym**.

Zauważyć się daje, że prąd anodowy tylko wtedy będzie obiegał obwód, gdy baterją anodową załączoną jest do anody swym biegunem dodatnim, czyli gdy potencjał anody jest wyższy od potencjału katody. Przeciwnie, gdy przyłączymy do anody baterję anodową jej biegunem ujemnym, wskutek ujemnego potencjału anody elektrony będą przez nią odpychane, przestrzeń między anodą i katodą będzie stanowiła przerwę w obwodzie anodowym, wskutek czego prąd w nim nie popłynie. Koniecznym więc warunkiem działania lampy katodowej, oprócz rozżarzenia katody, jest połączenie anody z dodatnim biegunem baterji anodowej.

82. PROSTOWNIK LAMPOWY. Powyższa własność lampy katodowej, objawiająca się w przepuszczaniu prądu anodowego tylko w jednym kierunku, ma zastosowanie w **prostownikach lampowych** zwanych również **kenotronami**.



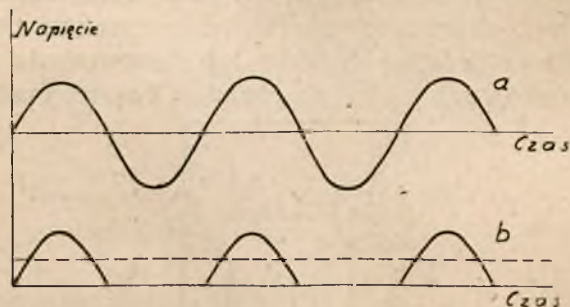
Rys. 108

Jeśli zamiast baterji anodowej, włączymy do obwodu anodowego lampy dwuelektrodowej (rys. 108) źródło prądu zmiennego, którym zwykle jest alternator, posiadający na zmianę swój biegun dodatni na zaciskach a i b, to w obwodzie

anodowym, na zmianę prąd będzie przebiegał w kierunku strzałki, lub też nie będzie go wcale, płynąć więc on będzie tylko w czasie półokresów dodatnich zmiennego napięcia na zacisku **a** źródła prądu. Na zaciskach **z** otrzymamy więc napięcie tętniące przedstawione na rys. 109-b; napięcie na zaciskach **a—b** alternatora przedstawia rys. 109-a.

Otrzymane w ten sposób napięcie tętniące przetwarzamy następnie na napięcie stałe przez przyłączenie do zacisków **z** — kondensatora stanowiącego **filtr**, który przepuszczać będzie składową zmienną napięcia tętniącego, wskutek czego na zaciskach **z** istnieć będzie jedynie składowa stała tego napięcia.

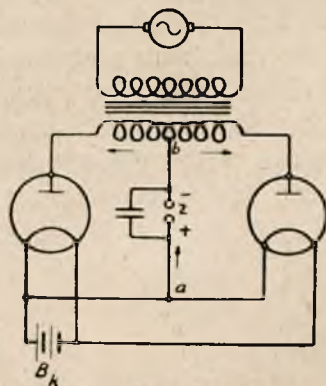
Prostowniki zbudowane według schematu przedstawionego na rys. 108, nie są ekonomiczne, gdyż połowa energii, dostarczonej przez źródło prądu zmiennego (w czasie półokresów ujemnych), nie może być wykorzystana; pod tym też względem praktyczniejsze są prostowniki **dwulampowe**, wykorzystujące obydwie półokresy zmiennego napięcia źródła prądu (rys. 110).



Rys. 109

W układzie dwulampowym źródło prądu zmiennego załączone jest do uzwojenia pierwotnego transformatora podwyższającego napięcie, a końce uzwojenia wtórnego dołączone są do anod obydwu lamp dwuelektrodowych. Środek uzwojenia wtórnego transformatora jest odgałęziony do zacisku ujemnego **z**. Obydwie lampy posiadają wspólną baterię żarzenia **Bk**. Zależnie od tego, czy biegun dodatni napięcia zmiennego

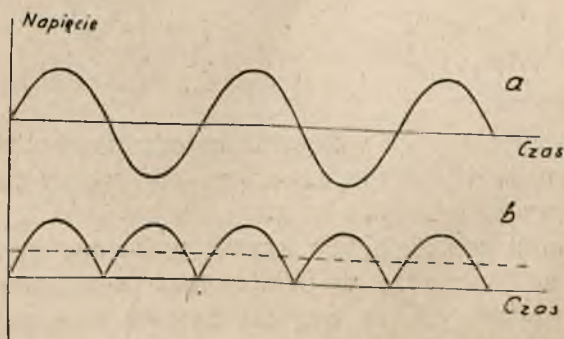
alternatora będzie znajdować się na lewych zaciskach transformatora, czy na prawych, prąd anodowy będzie przebiegał raz przez lewą, drugi raz prawą lampę, lecz w obydwu wypadkach będzie on zawsze wracał do środka uzwojenia wtór-



Rys. 110

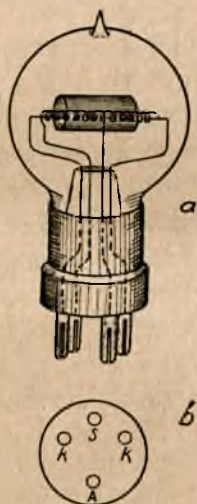
nego transformatora przez zaciski *z* w kierunku strzałki wytwarzając na zaciskach tych stałą różnicę potencjałów, do czego, jak wiemy, przyczynia się filtr. Wykres napięcia zmiennego alternatora i napięcia tętniącego mierzonego w punktach *a*—*b*, przedstawia rys. 111-a i b.

Prostowniki lampowe stosowane są do zasilania prądem stałym radjostacyj lampowych.

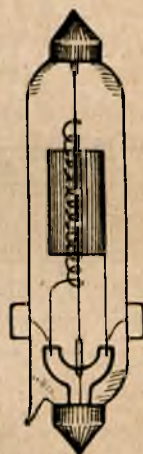


Rys. 111

83. LAMPA TRÓJELEKTRODOWA jak nazwa wskazuje, oprócz katody i anody posiada jeszcze trzecią elektrodę t. zw. **siatkę**, sporządzoną zwykle z cienkiego drucika zwinętego spiralnie. Siatka jest umieszczona między anodą i katodą w taki sposób, by wszystkie trzy elektrody posiadały wspólną oś podłużną (rys. 112-a). Jeden koniec spirali siatki połączony jest cienkim drucikiem z czwartą zewnętrzną końcówką lampy. Wszystkie cztery końcówki zewnętrzne rozstawione są w taki sposób (rys. 112-b), że przy wkładaniu ich do **gniazdek lampowych** aparatury, nie może zajść pomyłka w załączaniu elektrod lampy do właściwych im obwodów,



Rys. 112



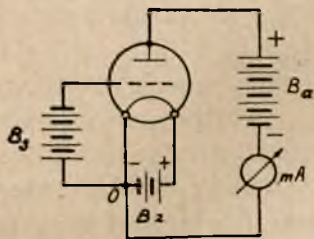
Rys. 113

wskutek czego unika się włączenia katody do obwodu anodowego zasilanego wysokim napięciem, pod wpływem którego katoda momentalnie spaliła by się.

Oprócz lamp posiadających kształt wskazany na rys. 112, stosowane są zwłaszcza w odbiornikach wojskowych polowych i pławowcowych, ze względu na swą większą wytrzymałość mechaniczną — t. zw. **lampy rurkowe** (rys. 113), tem

różniące się od lamp zwykłych, że bańka ma kształt cylindra, do podstaw którego przymocowane są końce katody, a do bocznych metalowych występów — z jednej strony siatka, z drugiej anoda. Lampy rurkowe umieszczane są nie w podstawkach z gniazdkami, lecz w specjalnych oprawkach złożonych z 4 blaszek sprężynujących, z których dwie, jedna z góry a druga z dołu, kontaktują z końcówkami metalowymi katody, a dwie boczne — z końcówkami siatki i anody. Dla łatwiejszego odróżnienia końcówek elektrod, końcówka anodowa jest zwykle pomalowana na kolor zielony.

Lampa trójelektrodowa, poza obwodami wymienionemi w p. 81, posiada jeszcze trzeci obwód t. zw. **obwód siatki**, złożony z siatki, próżni lampy, katody i baterji siatki. Układ wszystkich trzech obwodów lampy trójelektrodowej przedstawia rys. 114, na którym widzimy, że wszystkie trzy obwody mają jeden punkt wspólny (0), zwany **punktem zerowym**.

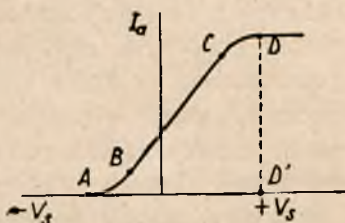


Rys. 114

Potencjał siatki, nadany jest przez baterję siatki **Bs**, jego znak (dodatni lub ujemny) i wielkość, musi wywierać wpływ na ruch elektronów, jako ujemnych ładunków elektrycznych; a mianowicie im większy **potencjał dodatni** posiada siatka, tem silniej przyciągać ona będzie elektrony wydzielane przez katodę, ułatwiając tem wędrówkę elektronów od katody ku anodzie, tem też prąd anodowy będzie większy. Przeciwnie, nadając siatce **potencjał ujemny**, elektrony będą przez siatkę odpychane jako ładunki tego samego znaku (ujemnego), dążenie ich ku anodzie będzie utrudnione i prąd anodowy zmniejszy się.

84. CHARAKTERYSTYKA LAMPY TRÓJELEKTRODOWEJ. Stwierdziliśmy powyżej zależność prądu anodowego od potencjału siatki. Wykres tej zależności (rys. 115) nosi nazwę **charakterystyki lampy trójelektrodowej**.

By wykreślić charakterystykę lampy, nadaje się stały potencjał anodzie oraz stałe napięcie żarzenia katody. Zmieniając stopniowo potencjał siatki od dużego potencjału ujem-

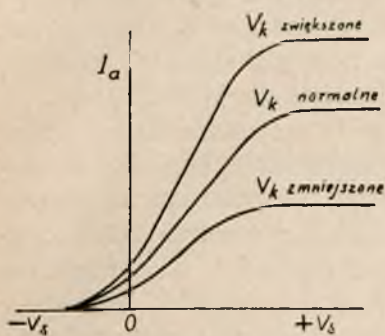


Rys. 115

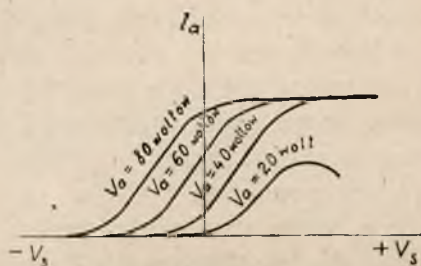
nego, przez **potencjał zerowy**, do coraz to większego potencjału dodatniego, obserwować będziemy miliamperomierz obwodu anodowego, który wskazuje nam natężenie prądu anodowego.

Zauważymy, że przy znacznych potencjałach ujemnych siatki, gdy wszystkie elektrony są przez nią odpychane i nie dosięgają wskutek tego anody, prąd anodowy nie płynie. Dopiero przy określonym bardzo niewielkim potencjale ujemnym siatki (punkt A) — prąd anodowy zaczyna płynąć i wzrasta ze zbliżaniem się potencjału siatki do zera; wzrasta następnie dalej, gdy będziemy zwiększali potencjał dodatni siatki, aż dopiero przy pewnym potencjale (D'), prąd anodowy wzrastać przestaje (punkt D) i pomimo dalszego zwiększania potencjału siatki, prąd anodowy utrzymać się będzie na stałej określonej wartości, co spowodowane jest tem, że wszystkie elektrony wydzielone przez katodę, przy danej jej temperaturze, dosięgają już anody, wskutek czego dalszy wzrost potencjału siatki nie może zwiększyć ich ilości, gdyż ilość wydzielanych elektronów zależy jedynie od stopnia żarzenia katody. Prąd anodowy w momencie tym osiąga wartość **nasycenia**.

Rozpatrując charakterystykę lampy katodowej, zauważymy dwa charakterystyczne jej punkty: punkt **A** nazywany **punktem początkowym**, w którym prąd anodowy zaczyna płynąć przy minimalnym potencjale siatki, oraz punkt **D**, w któ-



Rys. 116



Rys. 117

rym prąd anodowy przybiera wartość nasycenia. Charakterystyczne są ponadto dwa zakrzywienia: **zakrzywienie dolne** charakterystyki (**A—B**) i **zakrzywienie górne** charakterystyki (**C—D**), w których prąd anodowy zmienia się nieproporcjonalnie do zmian potencjału siatki, wreszcie najważniejszą część charakterystyki stanowi odcinek **B—C**, nazywany **prostolinią częścią charakterystyki**, w której zmiany prądu anodowego są proporcjonalne do zmian potencjału siatki.

85. WPLYW ŻARZENIA I NAPIĘCIA ANODOWEGO. Każdy typ lampy katodowej ma przewidziane swoje normalne napięcie i prąd żarzenia, oraz maksymalne napięcie anodowe. Normalny prąd żarzenia jest dobrany tak, by katoda mogła wydzielać możliwie najwięcej elektronów bez obawy przepalenia drucika katody. Im większe napięcie posiada bateria żarzenia, tem silniejszy prąd przepływa przez katodę, wobec czego zostaje ona silniej ogrzana, pod wpływem czego wydziela większą ilość elektronów, a prąd anodowy wzrasta. Pod wpływem więc zwiększonego żarzenia, wzrasta prąd anodowy i prąd nasycenia, czyli część pozioma charakterystyki lampy podwyższy się (rys. 116). Przeciwnie, jeśli będziemy

słabiej żarzyć katodę, prąd anodowy i nasycenia zmniejszy się, a część pozioma charakterystyki zostanie obniżoną. By otrzymać silniejszy prąd anodowy, należałoby zwiększyć napięcie żarzenia ponad normalne, jednakże trwałość katody zostaje wtedy znacznie skróconą, a nawet przy zbyt silnym żarzeniu, katoda może się momentalnie przepalić. Dlatego też nigdy nie powinno załączać się do lampy silniejszego napięcia żarzenia od normalnego, przewidzianego dla każdej lampy.

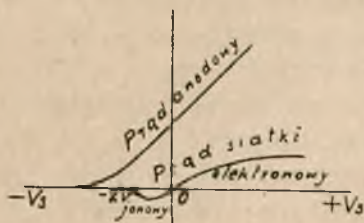
Każda lampa ma również przewidziane swoje maksymalne i minimalne napięcie anodowe. Zwiększenie napięcia anodowego ponad maksymalne grozi lampie nie tylko zmniejszeniem stopnia próżni, przez wydzielenie się do wnętrza bańki cząsteczek powietrza i gazów unieruchomionych w normalnym stanie wewnątrz części metalowych i szklanych lampy — t. zw. **gazów okludowanych**, lecz grozi również uszkodzeniem anodowy. Zbyt słabego napięcia anodowego trzeba również unikać, gdyż elektrony są wtedy zbyt słabo przyciągane przez anodę, wskutek czego prąd anodowy jest słabszy i może nawet nie przybrać normalnej wartości nasycenia (rys. 117.); działanie lampy jest wtedy nieprawidłowe.

Zwiększając napięcie anodowe od minimalnego do maksymalnego, przekonamy się, że prąd nasycenia dla każdego napięcia anodowego pozostaje niezmienny, gdyż prąd ten dla danej lampy zależy tylko od temperatury żarzenia katody, zwiększa się natomiast, przy stałym potencjale siatki, — prąd anodowy nie osiągający jeszcze nasycenia (rys. 117.), co powoduje, że ze zwiększeniem napięcia anodowego, charakterystyka lampy przesuwa się w lewo.

86. PRĄD SIATKI. Jeśli potencjał siatki jest większy od potencjału punktu zerowego, wtedy część elektronów zostanie przyciągnięta przez ładunki dodatnie znajdujące się na siatce, a przez obwód siatki, w podobny sposób, jak prąd anodowy, — popłynie **prąd siatki** (rys. 118.). Prąd ten jest bardzo słaby, znacznie mniejszy od prądu anodowego, a ponieważ jest wywołany przyciąganiem elektronów przez siatkę, nosi dodatkową nazwę — prądu **elektronowego siatki**. Przy ujemnych po-

tencjałach siatki, gdy lampa ma doskonałą próżnię, prąd w obwodzie siatki nie płynie.

Jeśli natomiast próżnia lampy nie jest doskonałą, t. j. gdy w bańce znajdują się nieusunięte cząsteczki gazów, elektrony wydzielane przez katodę uderzają ze znaczną siłą w te czą-



Rys. 118

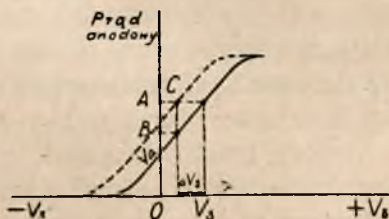
steczki, powodując rozbitcie się ich na ładunki ujemne i dodatnie. Ładunki dodatnie zwane **jonami**, pod wpływem dodatniego potencjału anody, zostają odepchnięte ku siatce naładowanej ujemnie, wskutek czego jony, dążąc do zubożenia ładunków ujemnych siatki, istotą swoją tworzą prąd w obwodzie siatki w kierunku przeciwnym elektronowemu prądowi siatki. Prąd ten, noszący nazwę **prądu jonowego siatki** powstaje tylko przy niewielkich potencjałach ujemnych siatki, nie przekraczających ~ 2 woltów, i jest on tem większy, im próżnia jest gorsza; przy próżni doskonałej prąd jonowy nie powstaje. Przebieg prądu siatki — elektronowego i jonowego — w zależności od potencjału siatki wskazuje rys. 118.

87. PRĄD EMISYJNY. Prąd anodowy charakteryzuje nam ilość elektronów wydzielanych przez katodę a przyciąganych przez anodę; podobnie prąd siatki charakteryzuje ilość elektronów przyciąganych przez siatkę. Suma więc tych prądów charakteryzuje nam ilość wszystkich elektronów płynących z katody i nazywa się **prądem emisyjnym**. Jeśli uwzględnimy przytem prąd anodowy nasycenia, mamy wtedy pojęcie o maksymalnej ilości elektronów, jaką katoda, przy danej temperaturze żarzenia, zdolna jest wydzielić; suma więc prądu nasycenia i odpowiadającego mu prądu siatki charakteryzuje cał-

kwitą zdolność emisyjną katody, dlatego też nosi nazwę **prądu emisyjnego całkowitego**, wielkość którego świadczy o jakości lampy.

88. **STAŁE ELEKTRYCZNE LAMPY TRÓJELEKTRODOWEJ.** Oprócz prądu emisyjnego całkowitego, charakteryzującego jakość lampy, dla określenia warunków, w jakich lampka może być użyta, posługujemy się często innymi wielkościami właściwymi dla każdej lampy.

Pierwszą z nich jest **oporność wewnętrzna lampy** (ρ) między anodą a katodą. Oporność ta zależy od ilości elektronów wypełniających przestrzeń między anodą a katodą, a więc od napięcia anodowego i potencjału siatki i jest najmniejszą przy tych potencjałach siatki i napięciach anodowych, przy których charakterystyki prądu anodowego są prostopadłe, jest ona natomiast bardzo dużą w punktach początkowych charakterystyki i przy prądzie nasycenia. Mówiąc o oporności wewnętrznej lampy, mamy zwykle na myśli jej oporność najmniejszą, wynoszącą w zwykłych lampach odbiorczych kilkadziesiąt tysięcy omów.



Rys. 119

Drugą wielkością charakterystyczną lampy jest **współczynnik amplifikacji** (K), wskazujący ilokrotnie zmiana napięcia anodowego musi być większą w porównaniu ze zmianą potencjału siatki, by prąd anodowy pozostał bez zmiany.

Rys. 119. wyjaśni nam poglądowo znaczenie współczynnika amplifikacji. Przy pewnym napięciu V_a i potencjale siatki V_s , prąd anodowy lampy wynosi I_a (odcinek O-A). Zmniejszymy teraz potencjał siatki o ΔV_s woltów, prąd anodowy zmniejszy

się wtedy do wartości I_a (odcinek O-B). Chcąc więc, by po zmniejszeniu potencjału siatki, prąd anodowy pozostał niezmienny — takim, jaki był na początku (I_a), musimy podwyższyć napięcie anodowe o ΔV_a woltów, tak by nowa charakterystyka lampy przesunęła się w lewo i przeszła przez punkt C. Przekonamy się, że napięcie dodanych ogniów do baterji anodowej (ΔV_a) musi być K razy większe, niż napięcie ogniów wyłączonych z baterji siatki (ΔV_s). Ta wielkość K jest właśnie współczynnikiem amplifikacji i wyraża się jako stosunek

$$K = - \frac{\Delta V_a}{\Delta V_s} \quad (25)$$

Spółczynnik amplifikacji jest zależny od potencjału siatki i napięcia anodowego i przybiera on największą wartość przy takich wartościach tych dwu czynników, przy których charakterystyka lampy jest prostolinijna, co zwykle mamy na myśli, mówiąc o współczynniku amplifikacji lampy.

Spółczynnik amplifikacji zwykłych lamp katodowych odbiorczych wynosi od 6 do $10^{V/V}$ (woltów na wolt), a dużych lamp nadawczych sięga do kilkudziesięciu V/V .

Stosunek współczynnika amplifikacji (K), do oporności wewnętrznej lampy (ρ), nosi nazwę **nachylenia charakterystyki (S)**:

$$S = \frac{K}{\rho} \quad (26)$$

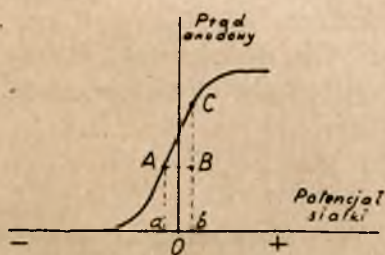
określającej nam wielkość odchylenia prostolinijnej części charakterystyki lampy katodowej od osi potencjałów siatki.

89. LAMPA KATODOWA JAKO AMPLIFIKATOR. Charakterystyka lampy trójelektrodowej wskazuje wyraźnie, iż nieznaczne zmiany potencjału siatki wywołać mogą bardzo znaczne wahania prądu anodowego. Wyobraźmy sobie na przykład, że potencjał siatki waha się w granicach a-b (rys. 120) w obydwie strony od zera. Takie wahania potencjału siatki, jak widać z powyższego rysunku, wywołają zmiany prądu anodowego w granicach od aA do bB, czyli o wielkość

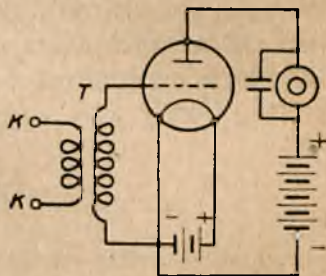
BC. Zmiany te będą tem znaczniejsze, im większe jest nachylenie charakterystyki lampy.

Powyższa własność lampy trójelektrodowej daje możliwość stosowania jej w charakterze **amplifikatora (wzmacniacza)**, czyli przyrządu do wzmacniania słabych prądów odbiorczych w celu spotęgowania dźwięku w telefonie stacji odbiorczej. Zasadniczy schemat podobnego aparatu w układzie najprostszym wyobraża rys. 121. Zaciski **kk** łączymy z gniadkami aparatu odbiorczego, przeznaczonemi do włączania słuchawki. Wahania potencjału anteny, wywołane przez fale odbierane, udziela się przez obwody aparatu odbiorczego oraz transformator **T** amplifikatora — siatce lampy i spowodują odpowiednio spotęgowane wahania prądu anodowego, płynącego przez uzwojenia słuchawki, której membrana wyda dźwięk znacznie spotęgowany.

Ważną bardzo kwestję stanowi tu dobranie odpowiedniego napięcia anodowego i **początkowego potencjału siatki** (t. j. potencjału udzielonego siatce przez stałą baterję siatki), tak, by wahania prądu anodowego odbywały się na prostoliniijnej częś-



Rys. 120



Rys. 121

ci charakterystyki lampy, gdyż wrazie niezachowania tego warunku, wzmacnienie było by słabsze, a przy nasyceniu prądu anodowego, dźwięku w słuchawce nie otrzymalibyśmy wcale. Zwykle stosuje się zerowy potencjał siatki, t. zn. do obwodu siatki nie włącza się żadnego źródła napięcia stałego, — dobiera się jedynie napięcie anodowe zależnie od typu lampy. W wypadku stosowania **głośnika** zamiast słuchawki,

lub innego przyrządu odbiorczego, wymagającego większej wydajności lampy, dobiera się początkowy potencjał siatki taki, przy którym prąd w obwodzie siatki nie płynie (patrz rys. 120). Potencjał ten jest zawsze ujemny i wynosi normalnie około — 1,5 do — 2 woltów.

90. AMPLIFIKATORY WIELOLAMPOWE. W praktyce spotyka się rzadko amplifikatory jednolampowe, przeważnie posiadają one 2 lub 3 lampy połączone w taki sposób, że obwód anodowy pierwszej lampy działa na siatkę lampy następnej, zmieniając jej potencjał. W obwodzie anodowym ostatniej lampy, do którego włączamy słuchawkę, otrzymujemy wielokrotnie spotęgowane działanie.

Za wyjątkiem bardzo nielicznych wypadków, większej ilości lamp ponad trzy w amplifikatorach nie stosuje się, ze względu na łatwość powstawania w amplifikatorach wielolampowych — **drgań własnych**, zniekształcających lub nawet uniemożliwiających odbiór dźwięków wzmacnianych.

Do rozżarzenia katod wszystkich lamp amplifikatora wielolampowego, służy wspólna bateria akumulatorów, a żarzenie reguluje się zapomocą wspólnego opornika regulowanego zwanego **opornikiem żarzenia**. Wrazie stosowania w amplifikatorze różnych typów lamp, wymagających różnych napięć żarzenia, katody ich mogą być żarzone również wspólną baterią akumulatorów, lecz każda z nich musi mieć oddzielny opornik żarzenia. Również wszystkie anody mogą być zasilane przez wspólną baterję anodową złożoną z odpowiedniej ilości ogniw suchych, lub przez wspólny prostownik lampowy, pod warunkiem jednakże, by wszystkie lampy amplifikatora miały odpowiednie napięcia.

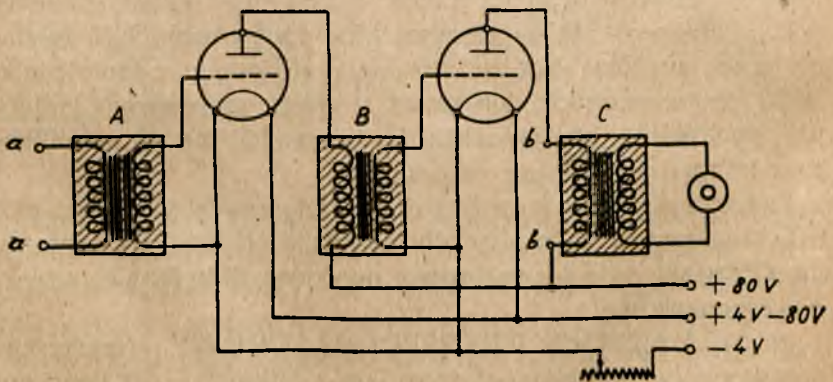
Łączenie lamp w amplifikatorze wielolampowym może być uskuteczniane w różny sposób i zależnie od tego rozróżniamy amplifikatory **transformatorowe**, **oporowe**, **dławikowe**, wreszcie **rezonansowe**.

91. WZMACNIACZ TRANSFORMATOROWY. Najczęściej spotykany w praktyce, złożony jest z kilku (2 — 3) lamp połączonych ze sobą zapomocą małych **transformatorów**. Każda

lampa wraz z transformatorem stanowi jeden **człon amplifikatora**.

Łączenie dwóch lamp amplifikatora (rys. 122) polega na tym, że w obwód anodowy pierwszej lampy włącza się uzwojenie pierwotne transformatora, a uzwojenie wtórne w obwód siatki lampy następnej. Transformator taki, łączący dwie lampy amplifikatora (rys. 122—B) nazywa się **transformatorem międzylampowym**; transformator A, łączący obwód detektorowy z obwodem siatki pierwszej lampy, nazywa się **transformatorem wejściowym**, a transformator łączący obwód anodowy ostatniej lampy ze słuchawką — **transformatorem wyjściowym**. Transformator wyjściowy nie zawsze bywa używany, słuchawka może być włączoną bezpośrednio do obwodu anodowego ostatniej lampy w punktach **b-b**.

Działanie wzmacniacza transformatorowego jest następujące: wahania różnicy potencjałów wytworzone na zaciskach uzwojenia pierwotnego transformatora wejściowego, przez indukcję wytwarzają podobne wahania różnicy potencjałów na końcach uzwojenia wtórnego transformatora wejściowego, lecz o amplitudzie tylokrotnie większej, ile wynosi przekładnia tego transformatora. Wahania te udzielają się siatce pierwszej lampy. Wskutek działania amplifikacyjnego tej lampy, powstają drgania prądu anodowego, pod wpływem których, na koń-



Rys. 122

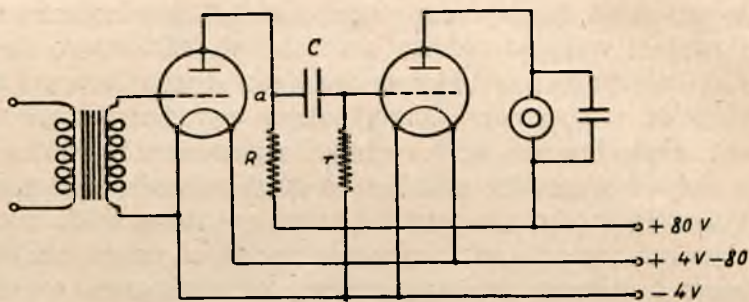
cach uzwojenia pierwotnego transformatora międzylampowego powstają wahania różnicy potencjałów, udzielające się za pośrednictwem tego transformatora siatce drugiej lampy i t. d.

Wielkość wzmocnienia amplifikatora wyrażamy zapomocą t. zw. **napięciowego współczynnika wzmocnienia**, wskazującego ilokrotnie została zwiększona amplituda wahań napięcia w obwodzie anodowym ostatniej lampy, w stosunku do amplitudy wahań napięcia mierzonego na zaciskach uzwojenia pierwotnego transformatora wejściowego. Współczynnik ten jest miarą wzmocnienia siły dźwięku przez amplifikator i jest on tem większy, im więcej członków posiada amplifikator, im większy jest współczynnik amplifikacji lampy i im większe są przekładnie transformatorów. Transformatorów o zbyt wielkiej przekładni stosować jednak nie można, ze względu na występujące zniekształcenia.

Jako transformatory wejściowe stosuje się zwykle transformatory o stosunkowo dużej przekładni wynoszącej od 10 do 20. Przekładnia transformatorów międzylampowych wynosi normalnie od 3 do 5. Transformatory wyjściowe są transformatorami obniżającymi napięcie, o przekładni 3:1 do 5:1.

92. **WZMACNIACZ OPOROWY** różni się tem od poprzedniego, że lampy połączone są między sobą nie zapomocą transformatorów międzylampowych, lecz zapomocą **oporów R** (rys. 123). Opór międzylampowy, dobrany tak, by oporność jego była kilkakrotnie większa od oporności wewnętrznej lampy, włączony jest do obwodu anodowego pierwszej lampy wzmacniacza (ewentualnie również drugiej — we wzmacniaczu trzylampowym).

Wskutek wahań potencjału siatki pierwszej lampy, powstają również wahania prądu w jej obwodzie anodowym, wytwarzające podobne wahania spadku napięcia na oporze **R**. Amplituda tych ostatnich jest mniejwięcej tylokrotnie większą od amplitudy wahań potencjału siatki, ile wynosi współczynnik napięciowego wzmocnienia jednego człona oporowego wzmacniacza, który to współczynnik jest tem większy, im większy jest współczynnik amplifikacji lampy, im większy jest opór **R** i im



Rys. 123

mniejsza jest oporność wewnętrzna lampy. Zbyt wielkich oporów R nie stosuje się jednak ze względów ekonomicznych, gdyż im większy jest ten opór, tem większe musi być napięcie baterji anodowej. Najlepsze wyniki otrzymuje się, gdy oporność R jest równą 4-ro krotnej oporności wewnętrznej lampy.

Chcąc teraz włączyć lampę następną, wystarczyło by połączyć jeden z końców oporu R z siatką tej lampy, wahania potencjału punktu a udziela się wtedy jej siatce, a w obwodzie anodowym tej lampy otrzymamy wielokrotnie spotęgowane działanie. W podobny sposób, do drugiej — można by-łoby dołączyć trzecią lampę.

Obserwując jednak układ (rys. 123), spotrzegamy, że siatka drugiej (ewentualnie również trzeciej) lampy znalazła by się pod działaniem wysokiego stałego napięcia anodowego, początkowy potencjał siatki byłby więc bardzo dużym, a lampa pracowała by przy zupełnem nasyceniu prądu anodowego, wskutek czego wahania potencjału siatki nie wytworzyły by wahań prądu anodowego w drugiej lampie. By tego uniknąć, przed siatkę drugiej i każdej następnej lampy wzmacniacza oporowego, włączamy po jednym kondensatorze C , który, jak wiemy, prądu stałego nie przepuszcza, wskutek czego baterja anodowa na siatki działać nie będzie.

We wzmacniaczu oporowym zachodzi ponadto konieczność połączenia siatek drugiej i następnych lamp z punktami zero-wymi członów, za pośrednictwem dużych oporów r , co ma

na celu zamknięcie obwodów siatek poszczególnych lamp, oraz udostępnienie odpływu z siatek ujemnych ładunków, tak by wahania potencjałów udzielane siatkom, nie były neutralizowane przez nagromadzone na nich wskutek poprzednich wahań — ładunki.

Opór r musi być na tyle duży — 3 do 5 megomów — by przewyższał znacznie oporność utworzoną przez przerwę wewnątrz lampy między siatką i katodą, a nie przedstawiał natomiast zbyt wielkiej oporności dla odpływających z siatki ładunków.

Pojemność kondensatora C dobiera się w zależności od częstotliwości wzmacnianych napięć i wynosi przeciętnie od 10.000 cm do 0,01 μ F dla małych częstotliwości (słyszalnych) i od 50 do 500 cm dla wielkich częstotliwości.

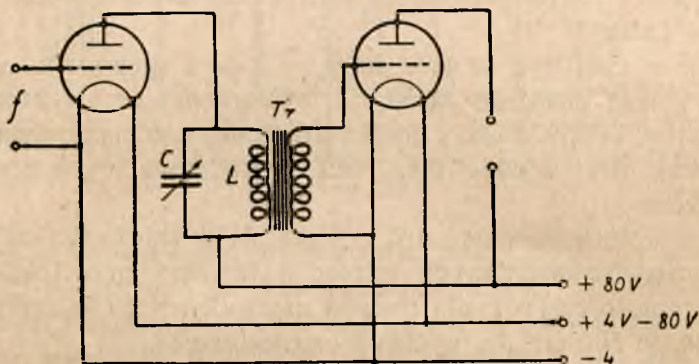
Stopień wzmocnienia wzmacniacza oporowego jest naogół mniejszy od tyleż lampowego wzmacniacza transformatorowego, posiada jednak nad nim tę wyższość, że wzmocnienie to jest bardziej stałe i niezależne od pewnych zmian częstotliwości, którym podlegają radjofoniczne stacje nadawcze.

93. WZMACNIACZ DŁAWIKOWY jest zbudowany identycznie jak wzmacniacz oporowy, jedynie tylko opór omowy R zastąpiony jest oporem indukcyjnym w postaci dławika ze rdzeniem żelaznym. Oporność omowa dławika powinna być możliwie najmniejszą (mała ilość zwojów), natomiast oporność indukcyjna — możliwie największą (rdzeń żelazny).

Z powodu łatwości wytwarzania się w amplifikatorze dławikowym szkodliwych drgań własnych, jest on rzadko stosowany i tylko w tych wypadkach, gdy nie przewidziana jest zbyt szeroka zmiana zakresu częstotliwości wzmacnianych.

94. WZMACNIACZ REZONANSOWY, nie posiada żadnego specjalnego sposobu łączenia lamp między sobą, pod tym względem nie różni się niczem od poprzednich, ma jedynie tę własność, że podobnie jak wzmacniacz transformatorowy lub dławikowy, najskuteczniej wzmacnia pewne określone częstotliwości, różni się od nich jedynie tem, że dla wzmacniaczy transformatorowych i dławikowych częstotliwość ta jest

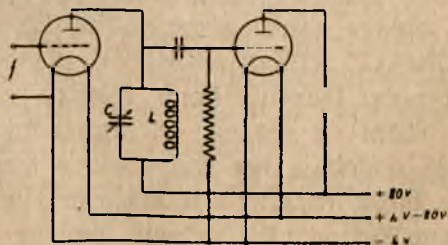
stałą, ściśle określoną, gdy tymczasem wzmacniacz rezonansowy na częstotliwość żądaną może być nastrojony za pomocą kondensatora **C** (rys. 124).



Rys. 124

W obwód anodowy pierwszego człona wzmacniacza włączony jest obwód drgań utworzony przez cewkę **L** i kondensator obrotowy **C**, od wielkości których, według wzoru Thomsona, zależy częstotliwość drgań tego obwodu. Jeśli częstotliwość tę, za pomocą kondensatora **C**, nastroimy do rezonansu z częstotliwością drgań wzmacnianych **f**, otrzymamy wzmocnienie najsilniejsze.

Łączenie lamp między sobą we wzmacniaczu tym bywa dwojakie: **transformatorowe** (rys. 124), lub **dławikowe** (rys. 125), w obu jednak wypadkach, ze względu na to, że wzmacniacz ten bywa stosowany jedynie dla wzmacniania prądów



Rys. 125

wielkich częstotliwości (L musi być stosunkowo małe), transformator względnie cewka L muszą być małowojowe i bez rdzenia żelaznego.

Wzmacniacz rezonansowy stanowi charakterystyczną część składową **odbiornika rezonansowego**, odznaczającego się dużą selektywnością.

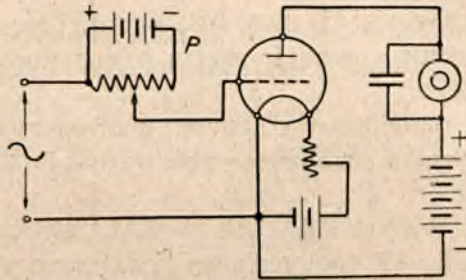
95. WYBÓR WZMACNIACZA W ZALEŻNOŚCI OD CZĘSTOTLIWOŚCI. W radjotechnice rozróżniamy dwie zasadnicze częstotliwości prądów: **wielką częstotliwość** — z jaką drga prąd w antenie i **małą częstotliwość** zwaną również **częstotliwością słyszalną** lub **akustyczną**, t. j. tę z jaką drga brzęczyk. Energię elektromagnetyczną przekazuje się z wielką częstotliwością, a prąd działający na słuchawkę bezpośrednio, drga z małą częstotliwością. Rola detektora w tym wypadku jest nam już znana.

Zależnie teraz od tego, którą z tych dwóch częstotliwości chcemy wzmacniać, stosujemy odpowiednie typy wzmacniaczy.

Jako wzmacniacze wielkiej częstotliwości, stosowane są najczęściej wzmacniacze rezonansowe, transformatorowe bez rdzeni żelaznych, oporowe, a rzadziej dławikowe. We wzmacniaczach wielkiej częstotliwości, transformatory ze rdzeniami są rzadko bardzo stosowane i jedynie tylko w wypadku wzmacniania częstotliwości odpowiadających bardzo długim falom. Wzmacniacze oporowych dla wzmacniania bardzo wielkich częstotliwości (odpowiadających bardzo krótkim falom — rzędu dziesiątek i jednostek metrów) — nie stosuje się.

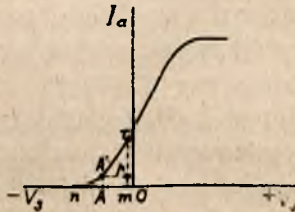
Najczęściej spotykane wzmacniacze małych częstotliwości są to wzmacniacze transformatorowe ze rdzeniem. Na drugim planie stoją wzmacniacze oporowe. Inne typy wzmacniaczy, dla małych częstotliwości nie mają zastosowania.

96. DETEKTOR LAMPOWY. Przedstawmy sobie lampę trójelektrodową w układzie wskazanym na rys. 126, i wykreślmy charakterystykę prądu anodowego tej lampy (rys. 127). Naregulujmy następnie zapomocą potencjometra P , początkowy potencjał siatki tak, by płynął przez lampę taki



Rys. 126

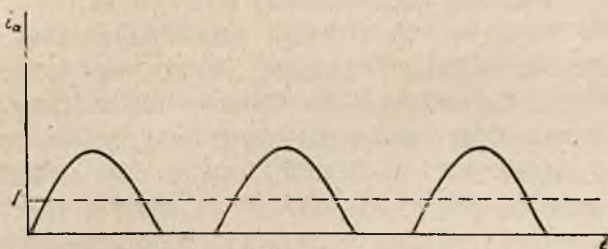
prąd anodowy, przy którym zakrzywienie dolne charakterystyki jest największe (punkt A'). Wyobraźmy sobie teraz, że oprócz początkowego potencjału, na siatkę działa ponadto pewne napięcie sinusoidalnie zmienne. Potencjał siatki będzie wtedy ulegał wahaniom w granicach od m do n , przyczem niezależnie od kierunku zmian tego potencjału, prąd anodowy będzie zawsze płynął w jednym kierunku, jako prąd tętniący. Zauważymy ponadto, że przy zwiększaniu się potencjału siatki (od A do m), prąd anodowy wzrastać będzie znacznie, a przy zmniejszaniu się potencjału siatki (od A do n), prąd ten maleć będzie nieznacznie. Wykres prądu anodowego w zależności



Rys. 127

od czasu, przybierze więc kształt wskazany na rys. 128. Prąd ten jest więc jednokierunkowym tętniącym, o średniej wartości wynoszącej I . Porównując działanie detektora stykowego z powyższem działaniem lampy, zauważymy identyczność tych działań. Lampa katodowa może więc również spełniać rolę detektora.

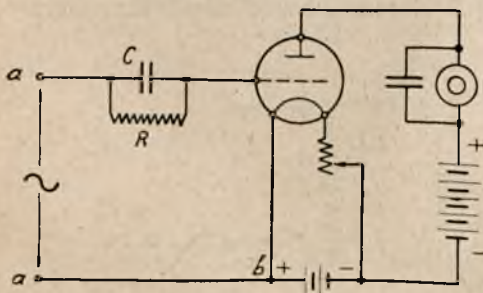
Powyżej opisany detektor lampowy, działający na **zakrzywieniu charakterystyki prądu anodowego**, stosowany jest



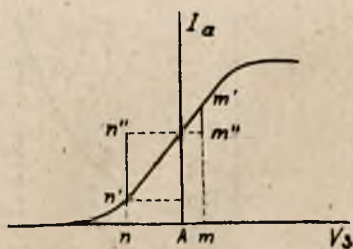
Rys. 128

rzadko, gdyż wymaga specjalnego potencjometra regulującego początkowy potencjał siatki. Znacznie praktyczniejszym jest detektor lampowy działający na **zakrzywieniu charakterystyki prądu siatki** (rys. 129).

W poprzednim detektorze widzieliśmy, że potencjał siatki zmienia się sinusoidalnie, jedynie tylko prąd anodowy zmienił się niesinusoidalnie na zakrzywieniu charakterystyki prądu anodowego. W tym natomiast detektorze, lampa pracuje na prostoliniowej części charakterystyki prądu anodowego (rys. 130), by jednak występowało działanie detektorowe, koniecznym jest by zmiany potencjału siatki nie były sinusoidalnymi t. j. by amplitudy tych zmian w jednym kierunku były większe (**An**), a w drugim mniejsze (**Am**). Zadanie to spełnia włączony do obwodu siatki kondensator **C** o małej pojemności, do którego równolegle załączony jest duży opór **R**. Napięcie doprowadzone do zacisków **a-a** lampy jest sinusoidalnie zmien-



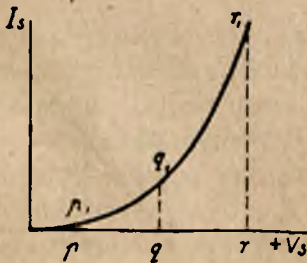
Rys. 129



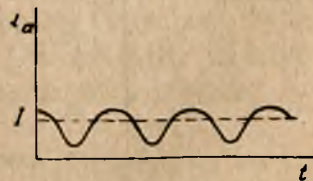
Rys. 130

ne, gdyby więc kondensatora C i oporu R nie było, zmiany potencjału siatki byłyby również sinusoidalnymi — działanie detekcyjne nie występowało by. Przy włączonym jednak kondensatorze C i oporze R , kondensator ten, zależnie od chwilowego znaku doprowadzonego napięcia, będzie na zmianę ładowany w jednym i w drugim kierunku i po każdym takim naładowaniu, będzie wyładowywać się zawsze przez opór R , wytwarzając na tym oporze spadek napięcia, zależny od wielkości prądu przepływającego przez obwód siatki, gdyż kondensator C i opór R znajdują się w tym obwodzie.

Z charakterystyki prądu siatki (rys. 131) widzimy jednak, że przy „dodatnim“ naładowaniu kondensatora ($q-r$), prąd siatki ($r-r'$) jest znacznie większy, niż przy „ujemnym“ naładowaniu kondensatora ($q-p$), przy którym prąd siatki ($p-p'$) jest bardzo mały. Spadek napięcia na oporze R jest więc większy w półokresach dodatnich zmian potencjału siatki, niż w półokresach ujemnych. W rezultacie, amplituda dodatnia napięcia doprowadzonego do zacisków a-a zostanie znacznie zmniejszoną przez ten spadek napięcia, a amplituda ujemna zmieni się nieznacznie. Potencjał siatki zmieniać się więc będzie od A_m do A_n (rys. 130), czyli niesinusoidalnie, przybierając w półokresach dodatnich amplitudę $m'' - m'$, a w półokresach ujemnych amplitudę $n' - n''$ (rys. 130). Wykres tego prądu w zależności od czasu, przedstawia rys. 132. Lampa w powyższych warunkach działa więc jako detektor. Wartość średnia prądu wyprostowanego wynosi I . Prąd ten jest co prawda mniejszy, od prądu który przepływał by przez obwód anodowy, gdyby



Rys. 131



Rys. 132

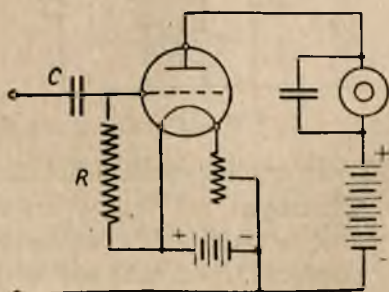
nie było kondensatora C i oporu R , działanie detekcyjne lampy jest jednak zapewnione.

Zauważymy tu jeszcze pewien szczegół bardzo ważny w praktyce, a mianowicie, by opisany wyżej przebieg rzeczywiście miał miejsce, koniecznym jest, by początkowy potencjał siatki był odpowiedni (rys. 131. punkt q). By to uzyskać nie włącza się do obwodu siatki żadnego specjalnego źródła stałego napięcia, trzeba jedynie obwód siatki połączyć nie z ujemnym, lecz z dodatnim biegunem akumulatora żarzenia.

Pewną odmianą, ostatnio omówionego detektora lampowego, polegającą jedynie na równoległym włączeniu oporu R (a nie szeregowym jak poprzednio) do obwodu siatki — stanowi układ wskazany na rys. 133. W działaniu układ ten nie różni się niczem od poprzedniego. Pojemność kondensatora C wynosi 200 do 300 cm, a oporność oporu R — 2 do 4 megomów.

Praktyka stwierdza, iż lampa katodowa w charakterze detektora pod każdym względem jest doskonalszą od detektora stykowego, gdyż nie wymaga żadnej regulacji, jest zawsze gotową do użytku, nie podlega uszkodzeniom wskutek silnych wyładowań atmosferycznych, a co najważniejsze, nie powoduje wcale nieużytecznych strat energii, które są największą wadą detektorów stykowych.

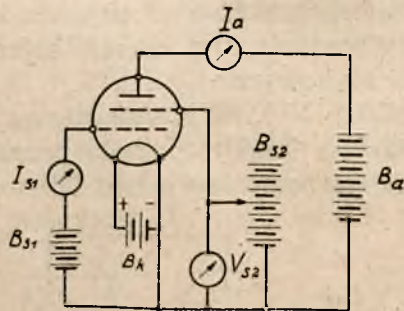
97. LAMPA DWUSIATKOWA. Jak nazwa wskazuje, lampa ta, oprócz anody i katody, posiada ponadto dwie siatki, obydwie umieszczone pomiędzy anodą i katodą. Siatka bliż-



Rys. 133

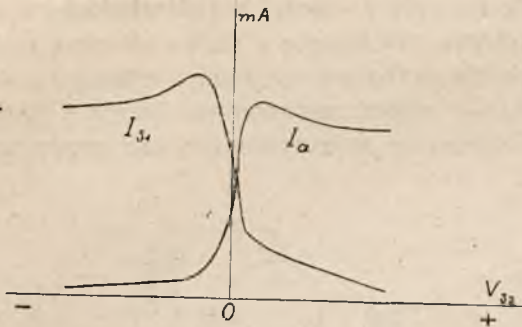
sza katody nosi nazwę **siatki wewnętrznej**, a bliższa anody **siatki zewnętrznej**. Jedna z tych siatek doprowadzona jest często do specjalnego zacisku znajdującego się na zewnątrz oprawki metalowej lampy, a pozostałe elektrody doprowadzone są normalnie jak w lampie trójelektrodowej. W niektórych typach lamp dwusiatkowych wszystkie elektrody doprowadzone są do 5 nóżek podobnie jak w lampie trójelektrodowej.

By zdjąć charakterystyki lampy dwusiatkowej, łączy się poszczególne elektrody według rys. 134, przyczem nadajemy katodzie stałe żarzenie V_k , anodzie stałe napięcie anodowe V_a i siatce wewnętrznej stały potencjał V_{s1} . Zmieniając teraz potencjał siatki zewnętrznej V_{s2} od ujemnych przez zerowy do dodatnich, obserwować będziemy prąd anodowy I_a i prąd siatki wewnętrznej I_{s1} wskazywane przez załączone do odpowiednich obwodów miliamperomierze. Na podstawie tego wykreślić możemy dwie charakterystyki, a mianowicie **charakterystykę prądu anodowego I_a** i **charakterystykę prądu siatki wewnętrznej I_{s1}** (rys. 135). Wykres ten wskazuje, że nachylenia charakterystyki są duże, z czego wynika, że przy oporności wewnętrznej lampy równej oporności wewnętrznej



Rys 134

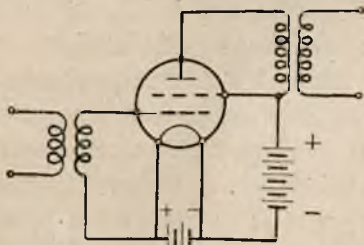
lampy trójelektrodowej, spólczynnik amplifikacji lampy dwusiatkowej będzie większym niż lampy trójelektrodowej, co pozwala nam stosować w układach z lampami dwusiatkowymi znacznie mniejsze napięcia anodowe, niż w układach z lampami trójelektrodowymi. Wynika z tego, że lampy te są bar-



Rys. 135

dziej ekonomiczne, tembardziej, że w niektórych układach jednej z siatek możemy przeznaczać specjalne zadania. Stałe napięcia zasilające anodę i siatkę zewnętrzną normalnie wynoszą kilka do kilkunastu woltów, podczas gdy napięcie anodowe lampy trójelektrodowej normalnie jest dziesięciokrotnie większe.

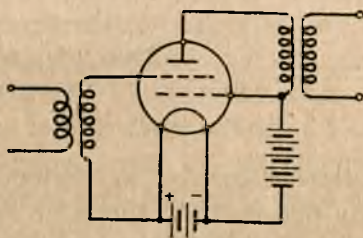
Lampy dwusiatkowe nadają się tylko do układów odbiorczych (jako detektory i wzmacniacze), a w układach nadawczych, ze względu na ich słabą moc elektryczną, dotychczas niestety stosowane być nie mogą.



Rys. 136

W układach odbiorczych jedna z siatek spełnia rolę zwykłej siatki, podobnie jak w lampie trójelektrodowej, a druga ma za zadanie zwiększenie współczynnika amplifikacji, lub też ułatwienie przepływu elektronów przez próżnię lampy, przyczem gdy spełnić ma to pierwsze zadanie, nosi nazwę **siatki osłonnej** i jest nią zwykle siatka zewnętrzna, a gdy

spełnia drugie zadanie — **siatki przeciwładunkowej** i jest nią siatka wewnętrzna. W lampie z siatką osłonową zadanie zwyklej siatki spełnia siatka wewnętrzna, a w lampie z siatką przeciwładunkową — siatka zewnętrzna. Anoda i siatka osłonowa lub przeciwładunkowa są zwykle zasilane przez wspólną baterię.



Rys. 137

Zasadniczy schemat łączenia elektrod lampy z siatką przeciwładunkową przedstawia rys. 137, a lampy z siatką osłonową — rys. 136.

Znając zasadę działania lampy dwusiatkowej w powyższych dwóch układach, oraz zasadnicze układy odbiorcze lampy trój-elektrodowej, łatwo jest w układach tych zastosować lampę dwusiatkową.

X. WYTWARZANIE FAL NIEGASNĄCYCH.

98. CECHY OGÓLNE FAL NIEGASNĄCYCH. Wyżej już wskazaliśmy, iż ostrość nastrojenia stacji odbiorczej można osiągnąć tem większą, im mniejsze tłumienie posiadają fale odbierane. W razie więc odbierania fal niegasnących ostrość nastrojenia będzie największą, jaką przy danym układzie odbiorczym wogóle osiągnąć można: dzięki dużej ostrości jest możliwem stosowanie bardzo słabego stopnia sprzężności między obwodami stacji odbiorczej i w ten sposób można uniezależnić się niemal zupełnie od szkodliwego wpływu wyładowań atmosferycznych oraz dźwięków sygnałów obcych, nadawanych falami gasnącemi nawet z bardzo bliskiej odległości.

Dalej, fale niegasnące stanowią zjawisko ciągłe, podczas gdy na fale gasnące składa się szereg impulsów tłumionych, powtarzających się z częstotliwością iskry stacji nadawczej. Ażeby więc na stacji odbiorczej wywołać to samo działanie, fala niegasnąca posiadać może odpowiednio mniejszą amplitudę, co pozwala zredukować moc stacji nadawczej, ogromnie zmniejsza straty nieużyteczne w aparatach nadawczych i wreszcie wpływa na uproszczenie budowy tych aparatów, w szczególności ułatwiając izolowanie anteny.

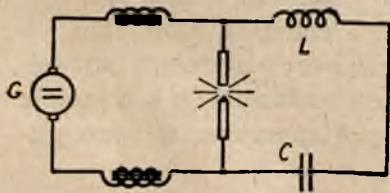
To też w dobie dzisiejszej rozwoju radjotechniki jesteśmy świadkami stosowania wyłącznie fal niegasnących i doskonalenia sposobów ich wytwarzania. Zaznaczymy też, że fale nie-

gasnące nadają się do przesyłania nie tylko sygnałów telegraficznych lecz również dźwięków żywych, znajdują więc zastosowanie w nadawczych **stacjach radiotelefonicznych**.

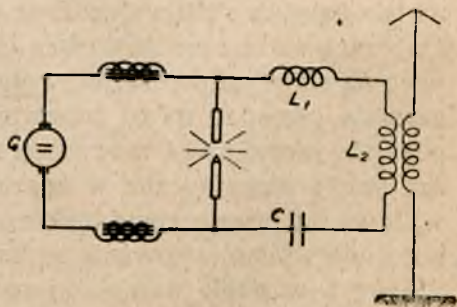
99. SPOSOBY WYTWARZANIA FAL NIEGASNĄCYCH. Istnieją trzy zasadnicze metody wytwarzania fal niegasnących, a mianowicie: 1) **metoda łukowa**, za pomocą t. zw. **generatorów łukowych** systemu **Poulsen'a**. 2) **metoda maszynowa**, za pomocą **alternatorów wielkiej częstotliwości**, bezpośrednio dostarczających prądu szybkozmiennego, 3) **metoda lampowa**, polegająca na zastosowaniu **lampy katodowej** w charakterze **generatora drgań elektrycznych**.

100. ŁUK POULSEN'A. Jeśli do **łuku świetlnego Volta'y**, zasilanego prądem stałym od prądnicy **G** (rys. 138), przyłączymy równoległe obwód drgań, posiadający pojemność **C** i indukcyjność **L**, to przy zachowaniu pewnych warunków, o których mowa niżej, w obwodzie tym powstaną drgania elektryczne niegasnące, o okresie właściwym dla danego obwodu, to jest zależnym od pojemności **C** i indukcyjności **L** obwodu, według wzoru Thomson'a.

Gdy zamknięty obwód drgań zastąpimy otwartym, lub gdy sprzęgniemy indukcyjnie z anteną, nastrojoną do rezonansu z tym obwodem, to w antenie powstaną drgania o tej samej częstotliwości i będzie ona promieniowała energię elektromagnetyczną. Widzimy, że stacja taka, zwana **stacją łukową Po-**



Rys. 138



Rys. 139

ulsen'a (rys. 139) jest zdolną do wytwarzania fal niegasnących.

Warunki, niezbędne do wytwarzania drgań i utrzymywania ich stałości, są następujące:

1. Napięcie prądniczy zasilającej winno wynosić od 500 do 600 V.

2. Obwód zasilający winien posiadać znaczną indukcyjność w postaci cewek dławikowych (cewki te nietylko ułatwiają powstawanie drgań, lecz nadto zapobiegają przenikaniu prądów drgających do uzwojeń prądniczy zasilającej).

3. Elektrode **ujemną** łuku winien stanowić **węgiel**, elektrodę **dodatnią** — czysta **miedź**.

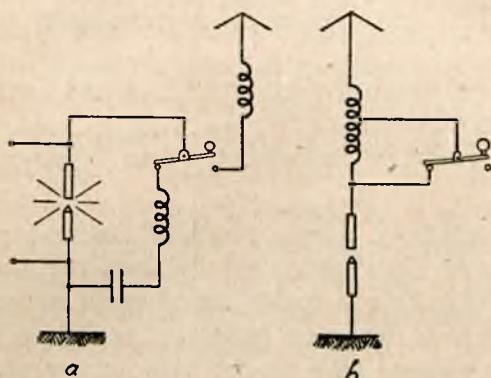
4. Łuk musi być umieszczony w atmosferze o dużym **przewodnictwie cieplnym**, a więc należy go zamknąć w t. zw. **komorze łukowej**, napełnionej odpowiednim gazem (wodór, gaz świetlny, para eteru lub spirytusu).

5. Elektroda miedziana oraz komora łukowa muszą być jak najlepiej chłodzone. Do tego celu używa się **wentylatorów** w generatorach łukowych małej mocy i **chłodzenia wodnego** komory i elektrody miedzianej w generatorach większej mocy.

6. Długość łuku ma posiadać wartość stałą; aby ją zachować — generatory większej mocy są zaopatrywane w **urządzenia automatyczne**, posuwające elektrodę węglową w miarę jej spalania się, a oprócz tego, w celu osiągnięcia równomiernego spalania się, elektroda węglowa wolno obraca się naokoło własnej osi.

7. Łuk pali się w **polu magnetycznym** silnych elektromagnesów: natężenie pola elektromagnesów reguluje się w zależności od długości fali obwodu drgań.

Godny uwagi szczegół w systemie **Poulsen'a** stanowi włączanie klucza nadawczego: w przeciwieństwie do stacyj iskrowych — klucz w systemie **Poulsen'a** nie może być umieszczony w obwodzie zasilającym, gdyż przerywanie tego obwodu powoduje **gaszenie łuku**, a ponowne jego zapalenie wymaga szeregu manipulacji; to też w stacjach łukowych nadawanie



Rys. 140

sygnałów odbywa się zapomocą jednego z następujących sposobów.

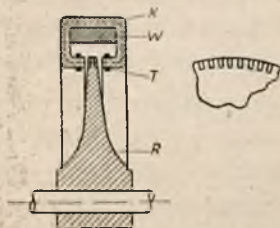
1. Gdy klucz nie jest naciśnięty — wytwarzane przez łuk drgania zachodzą w pewnym zamkniętym obwodzie drgań, nastrojonym na długość fali anteny (rys. 140-a). Naciskanie zaś klucza wyłącza wymieniony obwód zamknięty nazywany **sztuczną anteną** i jednocześnie włącza na łuk obwód anteny.

2. Naciskanie klucza włącza dodatkowa część zwojów cewki przedłużającej anteny (rys. 140-b), która wtedy dopiero promieniuje falą właściwej długości, na jaką nastrojona jest stacja odbiorcza. Gdy zaś klucz pozostaje w stanie spoczynku — antena promieniuje również, lecz falą o mniejszej długości t. zw. **falą negatywną**, której stacja odbiorcza wcale nie słyszy. Ostatni sposób włączania klucza nie tylko w systemie **Poulsen'a**, lecz również i w innych systemach fal niegasnących, jest obecnie czasem spotykany.

101. **MASZYNA ALEXANDERSONA**. Konstrukcja zwykłego alternatora, stosowanego w urządzeniach przemysłowych, ze względu na stosunkowo małą szybkość obrotów i małą ilość biegunów, nie może być zdolną do wytwarzania prądów szybkozmiennych, to też alternatory wielkiej częstotliwości muszą być budowane na cokolwiek odmiennych zasadach. Z pośród różnych systemów, wymienimy tu tylko **ma-**

szynę Alexandersona, należąca do typu induktorowego (rys. 141), obchodzącą nas bliżej z tego względu, że stacja transatlantycka w Warszawie jest stacją maszynową tego właśnie typu.

Uzwojenie wzbudzające W maszyny, umieszczone we wgłębieniu kadłuba **k**, wytwarza w szczelinie strumień magnetyczny w kierunku równoległym do osi maszyny. Obwód tego strumienia wskazuje linja przerywana. Na kadłubie również po obydwu stronach jego, symetrycznie względem wirnika **R**, umieszczone są połączone ze sobą cewki **uzwojenia twornikowego T**.



Rys. 141

Wirnik stanowi masę żelazną w kształcie tarczy, zaopatrzoną po obydwu stronach w wycięcia odpowiednio do ilości cewek twornikowych. Strumień magnetyczny, wytwarzany przez uzwojenie wzbudzające, przecina uzwojenia cewek twornikowych, oraz obracającą się w szczelinie masę wirnika. **Opór magnetyczny** obwodu strumienia, dzięki wycięciom, znajdującym się na tarczy wirnika, ulegać będzie ciągłym perjodycznym zmianom, co wywoła również perjodyczne zmiany wartości strumienia, zaś te ostatnie zmiany wytworzą w cewkach twornikowych indukowaną siłę elektromotoryczną.

Zastępując cewki przez pojedyncze zwoje, które układamy w żelazie kadłuba jaknajęściej, aby ilość ich była jaknajwiększą, a wirnik zaopatrując w taką ilość wycięć — zapomocą podobnej maszyny, przy odpowiednio znacznej szybkości obrotowej, możemy wytworzyć prąd zmienny o częstotliwościach, bezpośrednio nadających się do celów radjotechniki.

Kadłub i łożyska takich maszyn są podczas pracy chłodzone wodą; w celu zmniejszenia strat szkodliwych, wywoływanych przez tarcie wirnika o powietrze, wycięcia wirnika zapelnia się metalem **niemagnetycznym**, aby powierzchnia była zupełnie gładką, i ruch wirnika jaknajmniej utrudniany przez opór powietrza. Niektóre systemy maszyn podobnego rodzaju posiadają z tych względów wirniki, obracające się w atmosferze rozrzedzonej.

Podobnie jak generatory Poulsen'a maszynę wielkiej częstotliwości można bezpośrednio włączać do obwodu anteny, lub też sprzęgać ją z anteną indukcyjnie. Klucz nadawczy dołącza się przeważnie równolegle do części zwojów cewki przedłużającej anteny (metoda fali negatywnej).

Maszyny wielkiej częstotliwości używa się jedynie do wytwarzania fal tylko bardzo długich (10000 do 20000 m). Jeśli zaś chodzi o wytwarzanie krótszych fal również za pomocą maszyn wielkiej częstotliwości — to wypada tu zastosować jeszcze t. zw. **transformatory częstotliwości**, czyli przyrządy, służące do zwiększania częstotliwości prądu, wytwarzanego przez maszynę. Przeważnie dziś są używane transformatory podwajające. Używając kilku takich transformatorów — możemy osiągnąć częstotliwość 2, 4, 8 i t. d. razy większą od częstotliwości maszyny. Trzeba tu jednak liczyć się ze stratą energii w transformatorach.

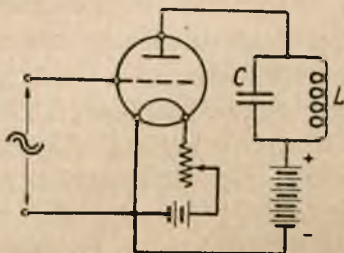
102. GENERATOR LAMPOWY. Najbardziej dziś rozpowszechnione są **generatory lampowe**, przewyższające wszystkie inne generatory drgań gasnących i niegasnących, uprzednio opisane, przede wszystkim znacznie większą sprawnością, zdolnością wytwarzania fal od najkrótszych do najdłuższych, stałością długości fali niezależną od wszelkich wpływów mechanicznych, wreszcie łatwością obsługi.

W generatorze lampowym, energii dla wytwarzania drgań dostarcza źródło napięcia anodowego, które, podobnie jak w amplifikatorach, jest stałym. Częstotliwość (długość fali) drgań, wytwarzanych w generatorze lampowym, zależy od

pojemności i indukcyjności obwodu drgań załączonego do obwodu anodowego.

Zależnie od tego, czy drgania są wzbudzone przez dodatkowe, obce źródło drgań, czy też samoczynnie, rozróżniamy dwa zasadnicze rodzaje generatorów lampowych: o wzbudzeniu obcem i o wzbudzeniu własnym.

103. GENERATOR LAMPOWY O WZBUDZANIU OBCEM. Omawiając zasadę działania amplifikatora, stwierdziliśmy już, że drgania bardzo słabe doprowadzone do obwodu siatki, zostają w obwodzie anodowym znacznie spotęgowane. Na tej też



Rys. 142

zasadzie polega generator o wzbudzeniu obcem (rys. 142), działanie którego jest następujące: **pomocniczy generator** drgań niegasnących (np. lampowy o wzbudzeniu własnym, heterodyna) o stosunkowo słabej mocy, załączony do obwodu siatki, lub sprzężony z nim indukcyjnie, — wywołuje wahania potencjału siatki, wytwarzające jak już wiemy, wahania prądu anodowego.

Obwód drgań włączony do obwodu anodowego, złożony z pojemności C i indukcyjności L , możemy uważać za pewien opór pozorny (pojemnościowy i indukcyjny), na końcach którego wahania prądu anodowego wytworzą wahania spadku napięcia. Częstotliwość tych wahań zależną jest, według wzoru Thomson'a, od pojemności C i indukcyjności L i wahania te są najsilniejsze, gdy obwód LC jest nastrojony do rezonansu z generatorem pomocniczym. Amplituda tych drgań przewyż-

'sza znacznie amplitudę drgań generatora pomocniczego, a moc ich jest również znacznie większą.

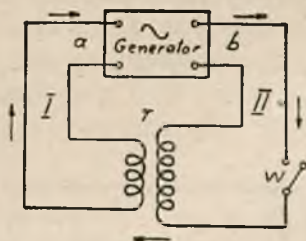
Widzimy z tego, że generator o wzbudzeniu obcem nie wytwarza samoczynnie drgań, jedynie tylko wzmacnia energetycznie drgania generatora pomocniczego, odgrywa więc rolę jakby wzmacniacza mocy drgań. Pomimo niedogodności, jaką przedstawia strojenie obwodu **LC** do rezonansu z generatorem pomocniczym, generator o wzbudzeniu obcem jest jednak często stosowanym, a to ze względu na znaczną stałość długości fali przez niego wytwarzanej.

104. GENERATOR LAMPOWY O WZBUDZANIU WŁASNYM. Niezbędnym warunkiem **wzbudzenia** drgań w generatorze lampowym, jest stałe udzielanie siatce wahań jej potencjału z określoną częstotliwością. W generatorze ze wzbudzeniem obcem zadanie to spełniał generator pomocniczy, moc którego może być dowolnie małą. Jeśli jednak, nie posiadając generatora pomocniczego, część energii drgań, wytwarzanych w jakikolwiek bądź sposób w obwodzie **CL**, przeniesiemy również w jakikolwiek bądź sposób do obwodu siatki, drgania samoczynnie będą się **podtrzymywały**.

Rys. 143 wyjaśnia nam zasadę działania generatora samowzbudzającego się: jeśli w jakikolwiek bądź sposób generator wytworzył drgania w obwodzie wyjściowym (II), obwód ten posiadać będzie pewną energię elektryczną drgającą. Za pomocą transformatora **T**, część tej energii zostanie przelana do obwodu wejściowego (I), w którym powstaną drgania o tej samej częstotliwości. Drgania te, identyczne z drganiami generatora pomocniczego, wzbudzają następnie, za pośrednictwem lampy, drgania w obwodzie wyjściowym — proces ten będzie się stale powtarzał.

By generator taki mógł wzbudzić drgania, niezbędne jest więc tylko nadanie mu pierwszego impulsu drgań, poczem działać już będzie samoczynnie. Ten pierwszy impuls nadany jest generatorowi np. przez zamknięcie wyłącznika **W** (rys. 143), umieszczonego w obwodzie anodowym generatora, co wywoła nagły wzrost napięcia anodowego od zera do pewnej

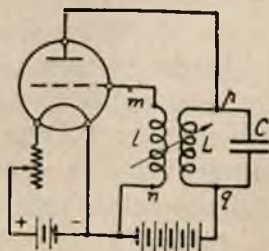
wielkości unormowanej napięciem baterji anodowej. Zapalenie lampy, przy włączonej baterji anodowej, wywoła ten sam skutek.



Rys. 143

Niezbędnym warunkiem podtrzymywania się drgań raz wzbudzonych jest, by energia udzielona obwodowi wejściowemu przez obwód wyjściowy była odpowiednio wielką. Gdy jest ona zbyt małą, drgania raz wzbudzone szybko zanikną. Do regulowania tej energii służy **sprężenie zwrotne** obwodu wyjściowego z wejściowym, uwidocznione na rys. 143, jako sprężenie indukcyjne. W generatorach lampowych rodzaje tych sprężeń są różne, skąd pochodzi różnorodność układów generacyjnych samowzbudzających, polegających na wspólnej, wyżej opisanej zasadzie.

105. UKŁADY GENERACYJNE LAMPOWE. a) Najbardziej rozpowszechnionym jest **układ Meissnera** o sprężeniu zwrotnym indukcyjnym (rys. 144). Obwodem wyjściowym jest tu obwód drgań włączony do obwodu anodowego, a obwodem wejściowym—obwód siatki I o odpowied-



Rys. 144

niej ilości zwojów jest sprzężoną indukcyjnie z cewką L obwodu drgań. Niezbędnym warunkiem podtrzymywania drgań w tym generatorze jest odpowiednie załączenie końców cewek I i L, zależne od tego, w jakim położeniu cewki znajdują się względem siebie i w jakim kierunku są nawinięte. Ponieważ w generatorach lampowych stosowane są przeważnie cewki cylindryczne, podajemy poniżej jako przykład porządek łączenia końców tych cewek do odpowiednich elektrod lampy:

Kierunki zwojów cewek	Załączyć do	Obie cewki na wspólnej osi	Cewki na osiach równoległych do siebie
Zgodne	siatki anody katody	$\left. \begin{matrix} m \\ p \\ nq \end{matrix} \right\} \text{ lub } \left\{ \begin{matrix} n \\ q \\ mp \end{matrix} \right.$	$\left. \begin{matrix} n \\ p \\ mq \end{matrix} \right\} \text{ lub } \left\{ \begin{matrix} m \\ q \\ np \end{matrix} \right.$
Przeciwne	siatki anody katody	$\left. \begin{matrix} n \\ p \\ mq \end{matrix} \right\} \text{ lub } \left\{ \begin{matrix} m \\ q \\ nq \end{matrix} \right.$	$\left. \begin{matrix} m \\ p \\ nq \end{matrix} \right\} \text{ lub } \left\{ \begin{matrix} n \\ q \\ mp \end{matrix} \right.$

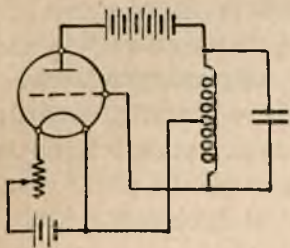
b) W stacjach małej mocy i w tak zwanych heterodynach stosowany jest często **układ Hartley'a** o sprzężeniu zwrotnem indukcyjnem bezpośredniem (rys. 145). Stosowany jest on również w generatorach pomocniczych do wzbudzania generatorów lampowych o wzbudzaniu obcem.

Układ ten różni się od układu Meissnera jedynie tem, że cewka obwodu siatki jest sprzężoną bezpośrednio z cewką obwodu drgań, przez odgałęzienie od tej ostatniej pewnej ilości zwojów do obwodu siatki. Ilość zwojów odgałęzionych wynosi przeciętnie $\frac{1}{4}$ od $\frac{1}{3}$ ilości zwojów całej cewki.

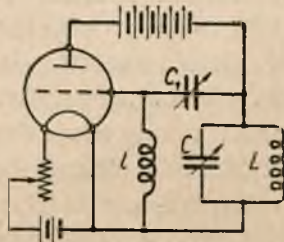
c) Rzadziej używany jest **układ generacyjny o sprzężeniu zwrotnem pojemnościowem** (rys. 146), w którym cewka L obwodu drgań nie oddziałuje zupełnie na cewkę I obwodu siatki, sprzężenie zwrotne jest natomiast zapewnione za pośrednictwem kondensatora C' odpowiednio dobranego do częstotliwości drgań wytwarzanych.

Układ ten może być połączony z układem Meissnera, przez równoczesne sprzężenie cewek I i L.

W generatorach krótkofalowych jest wymagana tak mała pojemność kondensatora sprzężenia zwrotnego C' , że staje się on zbędnym, a do zapewnienia sprzężenia zwrotnego wystarczy jedynie **pojemność wewnętrzna lampy**, zawarta między anodą i siatką.

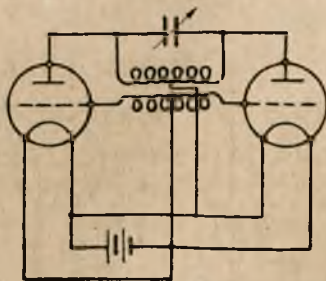


Rys. 145



Rys. 146

d) W stacjach krótkofalowych stosowany bywa niekiedy **układ symetryczny Mesny'ego** (rys. 147) dwulampowy, podobny do układu Meissnera. Symetria elektryczna obydwu lamp jest ustalona przez połączenie środków cewek siatki i anodowej z zaciskami katody. Układ ten ma na celu zneutralizowanie pojemności wewnętrznej lampy i otrzymanie wskutek tego drgań o możliwie największej częstotliwości (fale od



Rys. 147

3,5 m. wzwyż), jednakże wobec trudności ustalenia symetrii w obu połówkach generatora, stosowany bywa stosunkowo rzadko.

e) Z innych układów rzadziej spotykanych w praktyce, na uwagę zasługuje układ z obwodem drgań znajdującym się nie w obwodzie anodowym, lecz w obwodzie siatki, oraz **układ Hutha** w którym tak obwód anodowy jak i obwód siatki posiadają po jednym obwodzie drgań, nastrojone ze sobą do rezonansu i sprzężone jedynie zapomocą pojemności wewnętrznej lampy.

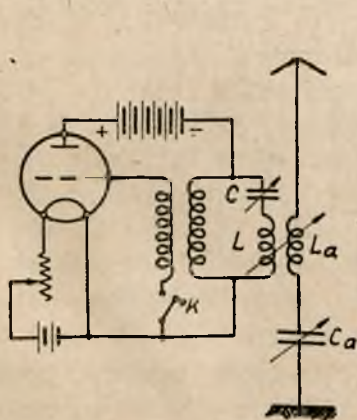
106. STACJE NADAWCZE LAMPOWE. Aby lampę katodową w jednym z opisanych układów zastosować do nadawania sygnałów radiotelegraficznych, wystarczy włączyć odpowiednio klucz do nadawania znaków Morse'a, oraz drgania zachodzące w obwodzie drgań generatora przenieść do anteny.

Klucz Morse'a włącza się zwykle w obwód siatki (rys. 148), wyjątkowo tylko, w stacjach bardzo małych mocy, klucz może być włączony w obwód anodowy.

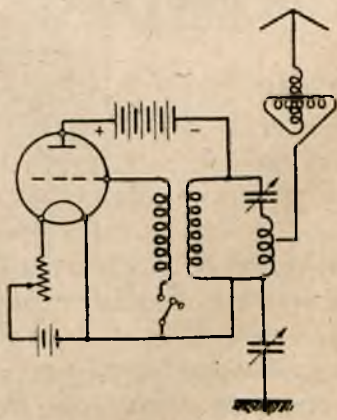
Celem przeniesienia drgań do obwodu antenowego, antenę sprzęga się indukcyjnie z obwodem drgań generatora, przy czym sprzężenie to może być:

a) pośrednie (rys. 148), w którym najdogodniejszy stopień sprzężenia reguluje się zapomocą wzajemnego położenia cewek L i L_a

b) bezpośrednie (rys. 149), w którym cała lub część cewki



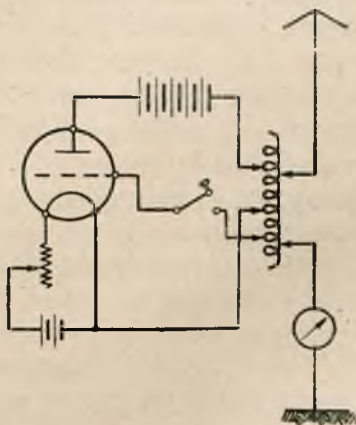
Rys. 148



Rys. 149

obwodu anodowego stanowi równocześnie cewkę antenową. Stopień sprzężenia reguluje się przez włączenie odpowiedniej ilości zwojów cewki anodowej do obwodu anteny.

Często, zwłaszcza w stacjach nadawczych, w których zastosowany jest układ Hartley'a, — jedna i ta sama cewka włączona jest równocześnie do obwodu siatki, obwodu anodowego i anteny, jedynie tylko przez włączenie do każdego z tych obwodów odpowiedniej ilości zwojów wspólnej cewki, dobiera się najdogodniejsze sprzężenia (rys. 150). W danym wypadku długość fali generatora i anteny reguluje się również przez włączenie odpowiedniej ilości zwojów do właściwych obwodów.



Rys. 150

Antena winna być zawsze dostrojona do rezonansu z obwo-
dem drgań generatora; osiągnąć to można w dwojaki sposób:

a) w stacjach małej mocy, do anteny włącza się kondensator
obrotowy, zapomocą którego reguluje się długość fali
(rys. 148),

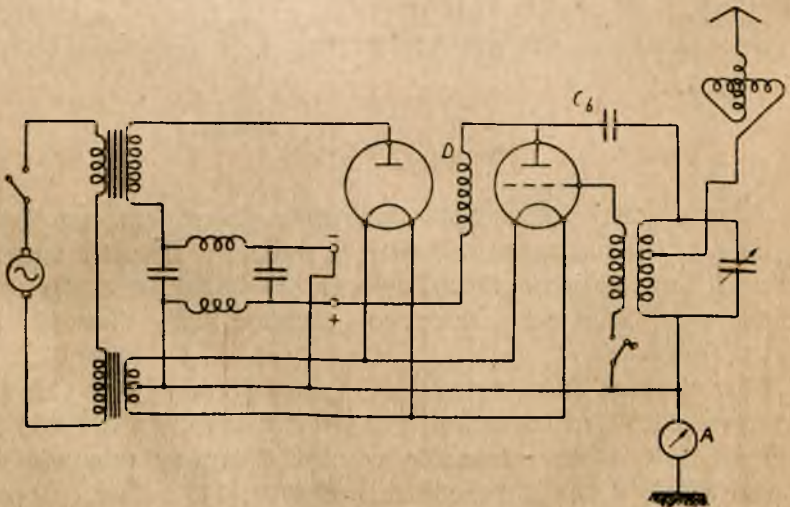
b) w stacjach dużej mocy kondensator antenowy zwykle jest
stałym (często kondensator ten jest zbędnym), a długość fali
reguluje się przez włączenie w obwód anteny odpowiedniej
ilości zwojów cewki przedłużającej (rys. 149 i 150). Sposób
ten praktykowany jest również często w stacjach małej mocy.

Dla większej precyzji w strojeniu, włącza się czasem w antenę warjometr W (rys. 149).

Celem dobrania najdogodniejszego sprzężenia między generatorem a anteną, w tę ostatnią włącza się amperomierz antenowy (ciepły), który przy najdogodniejszym sprzężeniu wskaże największy prąd w antenie. Amperomierz ten powinien być włączony możliwie najbliżej uziemienia, gdzie prąd jest największy (rys. 150).

Stacje małej mocy są przeważnie zasilane źródłami stałego napięcia: baterjami z ogniw lub akumulatorów, lub też prądnicami stałego napięcia; katoda jest żarzoną zapomocą oddzielnego akumulatora. Stacje dużej mocy są natomiast zasilane alternatorami, których napięcie zmienne, zapomocą prostowników lampowych i filtrów, jest prostowane na napięcie stałe, a katody są żarzone prądem zmiennym, dostarczonym z tego samego alternatora, zredukowanym jedynie zapomocą transformatora obniżającego.

Zasadniczy schemat takiej stacji uwidacznia rys. 151. Alternator zasila uzwojenia pierwotne dwóch transformatorów. Uzwojenie wtórne jednego z nich (obniżającego napięcie) do-



Rys. 151

starcza prądu zmiennego potrzebnego do żarzenia katod prostownika i lampy generacyjnej, a uzwojenie wtórne drugiego z nich (podwyższającego napięcie) zasila anodę prostownika. Napięcie wyprostowane przez kenotron i filtr zasila następnie anodę lampy generacyjnej.

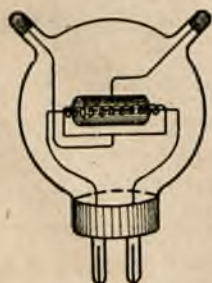
W układzie stacji nadawczej, podanym na rys. 151, zauważyć się daje jeszcze jeden szczegół charakterystyczny w nowszych stacjach nadawczych, a mianowicie oddzielenie **obwodu zasilającego anodę** lampy generacyjnej od **obwodu anodowego wielkiej częstotliwości**. Obydwa te obwody są ze sobą połączone „**równolegle**“, a wspólną ich część stanowi przerwa między anodą i katodą w lampie generacyjnej. Celem niedopuszczenia stałego wysokiego napięcia, zasilającego anodę, do obwodu anodowego wielkiej częstotliwości i obwodu drgań, do obwodu anodowego wielkiej częstotliwości **z**łączony jest **kondensator blokujący C**, który, jak wiemy, prądu stałego nie przepuszcza. Przeciwnie, by prąd szybkozmienny, wytworzony przez generator, nie dostał się do prostownika i źródła prądu zasilającego, wskutek czego powstawałyby straty energii szybkozmiennnej oraz ewentualne uszkodzenia w stacji, do obwodu zasilającego **w**łączony jest **dławik D**, który, jak również wiemy, prądów szybkozmiennych nie przepuszcza.

By zwiększyć moc stacji nadawczej, łączy się ze sobą kilka lamp generacyjnych **równolegle**: wszystkie anody są ze sobą połączone równolegle, jak również wszystkie siatki, oraz wszystkie katody. Moc takiej stacji jest mniejwięcej tylokrotnie większą od mocy stacji jednolampowej, ile lamp generacyjnych jest ze sobą połączonych.

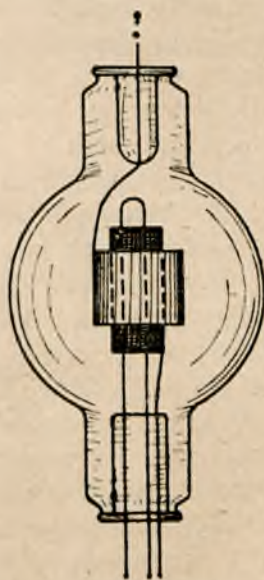
107. **NADAWANIE ZNAKÓW MORSE'A**. Najprostszym sposobem wytwarzania znaków Morse'a w korespondencji radiotelegraficznej, jest znany nam sposób, przez naciskanie klucza włączonego np. do obwodu siatki. Gdy klucz ten nie jest naciśnięty, obwód siatki jest przerwany, a generator drgań nie wzbudza. Przy naciśnięciu klucza, obwód siatki zostaje zamknięty, a w generatorze powstają drgania ciągłe, trwające tak

długo, jak długo naciśnięty jest klucz. Jest to t. zw. **nadawanie falami ciągłymi**, których amplituda jest niezmienną. Jak poznamy dalej, odbiór takich sygnałów przedstawia pewne trudności, gdyż wymaga specjalnych urządzeń na stacjach odbiorczych.

Unika się tej trudności w odbiorze, przez **nadawanie falami tonowanymi**, polegające na tem, że wszystkie obwody generatora są stale zamknięte, generator więc stale wytwarza drgania, jedynie tylko zmienia się amplitudę tych drgań z częstotliwością akustyczną. Celem perjodycznej zmiany amplitudy drgań, stosuje się jeden z opisanych w rozdz. XII systemów modulacyjnych, niezbędnych w radjofonji, z tą tylko różnicą, że na miejsce mikrofonu włącza się brzęczyk zasilany szeregowo ogniwiem. Wskutek działania modulacyjnego, amplituda drgań generatora zmieniać będzie swą wielkość z częstotliwością drgań brzęczyka. Klucz włączony jest zawsze szeregowo z brzęczykiem, wskutek czego przy jego naciśnięciu odbywa się proces modulacji w generatorze, w słuchawce



Rys. 152

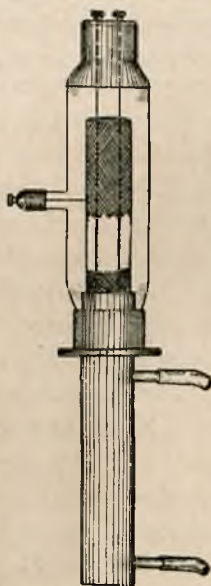


Rys. 153

zwykłego odbiornika powstaje wtedy dźwięk, a gdy klucz nie jest naciśnięty, drgania w generatorze odbywają się, modulacja jednak jest przerwana, wobec czego słuchawka odbiornika nie będzie reagowała.

108. LAMPY NADAWCZE. Lampy odbiorcze, których moc anodowa sięga zaledwie kilku watów, nie mogą mieć zastosowania w stacjach nadawczych, wymających nieraz do kilkadziesiątu a nawet kilkuset kilowatów mocy zasilającej. Dlatego też lampy nadawcze różnią się od odbiorczych przede wszystkim rozmiarami, a następnie szczegółami konstrukcyjnymi, chociaż zasada działania ich jest taką samą.

W stacjach bardzo małej mocy i w heterodynach można stosować lampy odbiorcze, lub też specjalne nadawcze różniące



Rys. 154

się od odbiorczych jedynie wymiarami cokolwiek większemi, oraz silniejszą konstrukcją elektrod, pozwalającą wytrzymać silniejsze napięcie. Lampy takie posiadają czasem cokolwiek

inny układ końcówek zewnętrznych doprowadzających do elektrod (rys. 152).

Lampy średniej mocy, do 1 kilowata mocy zasilającej anodę, mają kształt bańki (o wielkości zależnej od mocy zasilającej) pozbawionej nazewnątrz części metalowych (rys. 153). Doprowadzenie do anody znajduje się zwykle po przeciwnej stronie lampy, niż doprowadzenia do katody i siatki.

Lampy dużej mocy, kilka do kilkudziesięciu kilowatów mocy zasilającej anodę, w których anody zbyt silnie rozgrzewają się, co zmusza do ich sztucznego ochładzania, posiadają zupełnie inną konstrukcję, a mianowicie anoda w kształcie grubego cylindra, o dnie zamkniętem i ścianach podwójnych, znajduje się nazewnątrz bańki szklanej i jest chłodzona przepływającą między ścianami anody — wodą. Wygląd takiej lampy przedstawia rys. 154, na którym uwidoczniiony jest dopływ i odpływ wody, oraz metalowa zewnętrzna anoda.

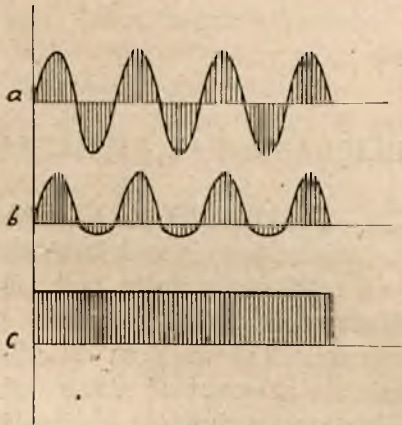
XI. ODBIERANIE FAL NIEGASNĄCYCH.

109. RÓŻNICA W STOSUNKU DO FAL GASNĄCYCH. Stała wielkość amplitudy, jako zasadnicza cecha fali niegasnącej, jest przyczyną tego, że sygnały nadane falą niegasnącą, nie mogą być odbierane zapomocą sposobów powszechnie stosowanych do odbierania fal gasnących: do odbierania fal niegasnących nie daje się zastosować stacja odbiorcza, wyposażona w zwykły detektor stykowy i telefon. Powyższe twierdzenie stanie się zrozumiałem, jeśli przedstawimy przekształcenia prądu, wywoływanego przez falę niegasnącą w obwodzie detektorowym odbiornika.

Rys. 155-a wyobraża prąd drgający o stałej amplitudzie, jaki powstanie w obwodach drgań stacji odbiorczej pod wpływem odbieranej fali niegasnącej; w obwodzie detektorowym, dzięki prostującemu działaniu detektora, prąd ten przybiera kształt, wskazany na rys. 155-b, a więc składa się z szeregu nader częstych impulsów prądu jednokierunkowego, który nazwać można prądem szybko-tętniącym. Membrana słuchawki, posiadająca pewną i stosunkowo dosyć dużą bezwładność mechaniczną, nie będzie w stanie drgać z olbrzymią częstotliwością impulsów prądu szybko-tętniącego, jakkolwiek w uzwojeniach słuchawki płynąć będzie prąd jednokierunkowy, którego średnia wartość może być przedstawioną zapomocą rys. 155-c. Pod wpływem tego prądu membrana pozostawać będzie

względem elektromagnesów stale w stanie silniejszego lub słabszego przyciągania (zależnie od kierunku włączenia detektora), przez cały czas trwania prądu w obwodzie detektorowym, lecz drgań wykonywać nie będzie, a zatem nie będzie też wydawać dźwięku.

Stąd wynika konieczność stosowania odrębnych sposobów do odbierania fal niegasnących.



Rys. 155

110. PRZERYWACZ I ŚLIZGACZ. Do najdawniejszych sposobów odbierania sygnałów, nadawanych falą niegasnącą, zalicza się metoda, polegająca na przerywaniu jednego z obwodów stacji odbiorczej, zapomocą specjalnego przyrządu, którego zasadniczą część stanowi nader subtelny styk, periodycznie przerywany dzięki **mechanizmowi elektromagnetycznemu (przerywacz)** lub **zegarowemu (ślizgacz)**. Pod wpływem periodycznego i odpowiednio częstego przerywania obwodu — ciągły prąd drgający, wywołany przez falę niegasnącą, przekształca się w szereg poszczególnych impulsów, na które już reagować membrana słuchawki. Że jednak przerwy te odbywają się z pewną nieregularnością w stosunku do przebiegu drgającego — drgania membrany zachodzą również niezupełnie regularnie; nadto przerywanie ze swej strony powo-

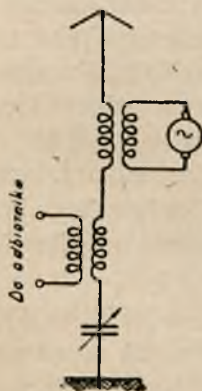
duje nieustanny lekki szmer; stąd metoda ta nie daje w telefonie dźwięku muzycznego (tonu), lecz szum, niezbyt dla ucha miły i zwłaszcza pod tym względem wadliwy, że dźwięki przypadkowe (wyładowania atmosferyczne) na tle jego nie dają się eliminować słuchowo i utrudniają odbieranie sygnałów.

Oprócz tego, mechanizmy przyrządów, służących do powyższego celu, nie odznaczają się trwałością i pewnością w działaniu, wymagają ciągłej regulacji i starannej obsługi, co dotyczy zwłaszcza przerywacza.

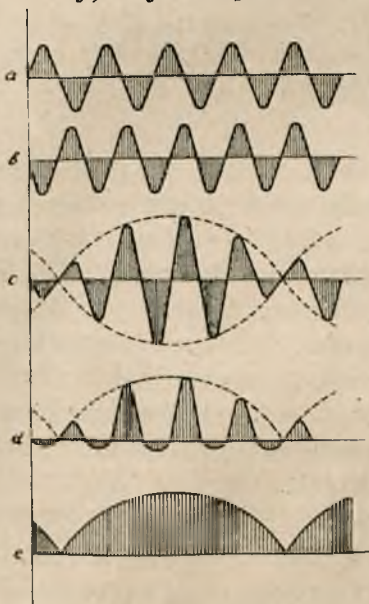
Wskazane wady są przyczyną tego, iż opisana metoda odbierania fal niegasnących dziś jest zupełnie usunięta z praktyki.

111. HETERODYNOWANIE. Najnowszy, najprostszy i pod każdym względem najdoskonalszy sposób odbierania fal niegasnących stanowi tak zwane **heterodynowanie** (metoda **interferencyjna**, metoda **dudnień**, metoda **nakładania**).

Metoda ta, wynaleziona i opracowana przez Fessenden'a, w zasadzie polega na **interferencji**, czyli współdziałaniu we



Rys. 156



Rys. 157

wspólnym układzie, dwu fal o rozmaitej długości. Niech w obwodzie anteny stacji nadawczej (rys. 156), odbierana fala niegasnąca wznieca prąd drgający o częstotliwości f_1 , posiadający wykres, wskazany na rys. 157-a; za pomocą generatora drgań niegasnących, umieszczonego na stacji odbiorczej, w postaci lampy katodowej w układzie generatorowym, czyli tak zwanej **heterodyny**, wzniecamy w obwodzie anteny prąd drgający o częstotliwości f_2 (rys. 157-b), przy czem f_2 dobiera się w taki sposób, by różnica $f_1 - f_2$ znajdowała się w granicach częstotliwości akustycznych t. j. słyszalnych (od kilkuset do kilkutyśięcy zmian na sekundę). Współdziałanie drgań **a** i **b** (rys. 157) wywoła w obwodach stacji odbiorczej drgania złożone (rys. 157-c) nazywane **dudnieniem**.

Tego rodzaju drgania **c**, po wyprostowaniu ich przez detektor w obwodzie aperiodycznym odbiornika, przekształca się w taki sposób, że posiadać będą przebieg wskazany na rys. 157-d. Membrana zaś słuchawki zachowywać się będzie tak, jakgdyby działał na nią prąd tętniący (rys. 157-e); innymi słowy, membrana drgać będzie z **częstotliwością dudnień**. Ta zaś częstotliwość równa się różnicy częstotliwości drgań składowych:

$$f = f_1 - f_2 \quad (27)$$

Wynika stąd zatem, że częstotliwość dudnień, niezależnie od częstotliwości drgań odbieranych, zmieniać możemy na stacji odbiorczej dowolnie, zmieniając okres drgań, wytwarzanych za pomocą heterodyny. W tym celu posługujemy się kondensatorem obrotowym umieszczonym w obwodzie drgań lampy. A że częstotliwość dudnień określa ton odbieranych sygnałów — heterodynowanie umożliwia dobranie najdogodniejszego tonu na stacji odbiorczej, niezależnie od długości fal odbieranych.

112. SZCZEGÓLNE ZALETY METODY HETERODYNOWANIA. Metoda interferencyjna odbierania fal niegasnących posiada następujące i nader poważne strony dodatnie:

1. Wytwarzany przez drgania membrany ton jest przy hete-

rodynowaniu bezwzględnie czysty, muzykalny, o daleko milszym dla ucha brzmieniu, niż ton stacji iskrowej.

2. Wysokość tonu zmieniać można dowolnie, można zatem osiągnąć częstotliwość drgań membrany odpowiadającą jej częstotliwości rezonansowej, co potęguje znacznie amplitudy jej drgań, a więc i siłę słyszanego dźwięku.

3. Działając na telefon nie bezpośrednio drganiami odbieranymi, lecz po zniekształceniu ich przez nakładanie drgań innych — do pewnego stopnia usuwany wpływ dźwięków wyładowań atmosferycznych. Niezależnie od tego, wszelkie dźwięki przypadkowe, szkodliwe, na tle idealnie czystego tonu odbieranych sygnałów znacznie mniej przeszkadzają w odbieraniu słuchowem.

4. Amplituda dudnień jest o wiele większą od amplitudy drgania odbieranego. Dzięki temu przy heterodynowaniu mamy również pewne wzmocnienie drgań, czyli działanie amplifikatorowe.

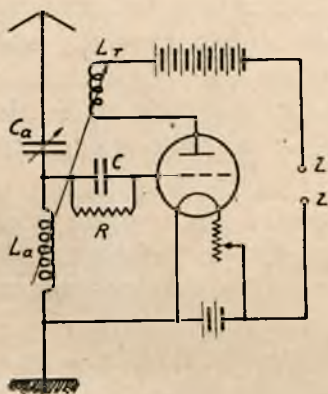
5. Dźwięki sygnałów stacyj obcych, pracujących falami niegasącymi innej nieco długości, dają przy odbieraniu zapomocą heterodynowania ton tak dalece inny, że można je z łatwością wyróżnić, lub też, o ile różnica między falami przekracza pewną granicę, zgoła usunąć.

Wynalezienie metody interferencyjnej dzięki wyszczególnionym zaletom wpłynęło w bardzo poważnym stopniu na rozpowszechnienie systemu fal niegasących.

113. ODBIORNIKI REAKCYJNE. Do odbioru znaków nadawanych falami ciągłymi, konieczny jest więc specjalny generator lokalny — heterodyna. Ustawianie jednak dodatkowego aparatu oprócz odbiornika przedstawia pewną niedogodność, dlatego też w obecnych odbiornikach radiotelegraficznych, zwykle jedna z lamp odbiornika spełnia rolę heterodyny. Może to być specjalna lampa umieszczona wewnątrz skrzynki odbiornika, zasilana ze wspólnych źródeł napięć wraz z lampami odbiorczymi, częściej jednak zadanie heterodyny t. j. wytwarzanie drgań niegasących, przeznacza się lampie detektorowej, która spełnia więc dwa zadania. Odbiornik taki nosi na-

zwę odbiornika reakcyjnego (rys. 158), w którym działanie detekcyjne jest zapewnione przez kondensator C i opór R .

Na schemacie odbiornika tego zaobserwować się daje, że obwód drgań, złożony z anteny, kondensatora C i cewki L_a , jest włączony do obwodu siatki, a przytem cewka obwodu anodowego L_r , zwana **cewką reakcyjną**, jest sprzężona indukcyjnie z cewką obwodu drgań L_a . Mamy tu więc układ gene-

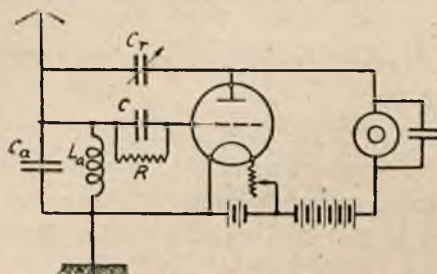


Rys. 158

racyjny identyczny z układem wzmiankowanym w p. 105-e. Układ ten, poza działaniem detekcyjnym, spełnia więc ponadto zadanie heterodyny o częstotliwości na jaką nastrojona jest antena. Jeśli więc dobierzemy odpowiednio silne sprzężenie między cewkami L_a i L_r , oraz rozstroimy cokolwiek antenę z rezonansu ze stacją nadawczą, tak, by częstotliwość drgań własnych odbiornika reakcyjnego różniła się od częstotliwości drgań stacji nadawczej, którą odbieramy, o wielkość wskazaną wzorem 27, t. j. by różnica tych dwu częstotliwości znajdowała się w granicach częstotliwości słyszalnych, — nastąpi interferencja tych dwu częstotliwości w obwodzie drgań, a następnie detekcja drgań o częstotliwości interferencyjnej, odbiór więc znaków Morse'a, nadawanych falami ciągłymi, jest zapewniony.

Widzimy ponadto, że drgania o częstotliwości interferen-

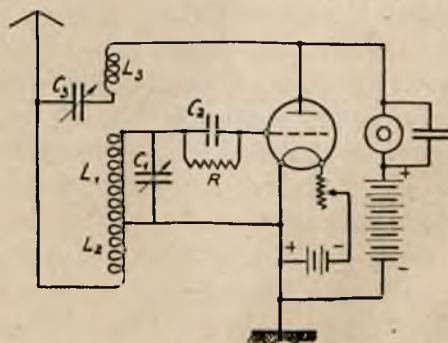
cyjnej, zachodzące w obwodzie anodowym, wskutek oddziaływania cewki L_r na L_a , wytwarzać będą w antenie analogiczne drgania, które sumując się z dudnieniami, zwiększą ich amplitudę, wpływając w ten sposób na wzmacnienie dźwięków odbieranych. Oprócz więc działania generacyjnego i detekcyjnego, odbiornik reakcyjny działa również jako wzmacniacz i to stosunkowo bardzo silny, gdyż przy starannej konstrukcji, wzmacnienie jednolampowego odbiornika reakcyjnego jest tak wielkie, jak trzylampowego wzmacniacza.



Rys. 159

Chcąc jeszcze bardziej zwiększyć dźwięki odbierane, do zacisków z — z, zamiast słuchawki można dołączyć wzmacniacz małej częstotliwości, a słuchawkę włączyć do obwodu anodowego ostatniej lampy wzmacniacza.

Odbiorniki reakcyjne należą obecnie do najbardziej rozpowszechnionych aparatów odbiorczych nie tylko radiotelegra-



Rys. 160

ficznych, lecz również radjotelefonicznych. Jeden i ten sam odbiornik reakcyjny może służyć do obu rodzajów korespondencji, jedynie tylko przy odbiorze radjofonicznym sprzężenie zwrotne musi być słabsze niż przy odbiorze radjotelegraficznym, tak, by odbiornik wmacniał dźwięki, lecz nie wytwarzał drgań własnych (koniecznych w odbiorze radjotelegraficznym), które powodują tu silne zniekształcenie dźwięków oraz charakterystyczne gwizdy.

Odbiorniki reakcyjne mogą posiadać trzy rodzaje sprzężenia zwrotnego:

1) indukcyjne, opisane powyżej (rys. 158). Odbiornik taki nazywa się **autodyna**,

2) pojemnościowe (rys. 159) uskutecznione zapomocą kondensatora **C** sprzęgającego obwód anodowy z anteną.

3) mieszane czyli pojemnościowo-indukcyjne (rys. 160). Odbiornik taki znany jest pod nazwą **odbiornika Reinartza**.

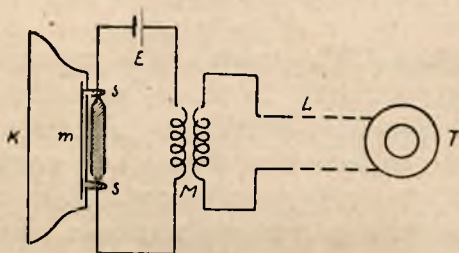
XII. RADJOTELEFON.

114. WIADOMOŚCI OGÓLNE. Dążenia w kierunku zastosowania fal elektromagnetycznych do przesyłania dźwięków żywych zaznaczały się niemal od pierwszych lat istnienia radjotelegrafu; zagadnienie to jednak właściwe swe rozwiązanie znalazło dopiero wtedy, gdy zostały opracowane dostatecznie i rozwinięte należycie metody wytwarzania fal niegasnących. W szczególności, technika radjotelefoniczna zaczęła się szybko posuwać naprzód z chwilą zastosowania lampy katodowej do wytwarzania fal niegasnących, i obecnie stoi już na znacznym poziomie doskonałości.

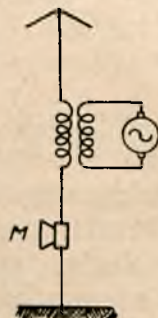
Radjotelefonowanie uskutecznia się dziś wyłącznie zapomocą fal niegasnących i każdy ze znanych nam już sposobów ich wytwarzania do tego celu nadaje się, jakkolwiek najdogadniejszy w danym wypadku generator stanowi lampa katodowa. Obecnie w radjotelefonji stosowane są wyłącznie generatory lampowe.

115. ZASADA DZIAŁANIA. Działanie radjotelefonu polega na zasadach fizycznych, w pewnym stopniu zbliżonych do zasad działania telefonu zwyczajnego (drutowego). Jak w jednym, tak też i w drugim wypadku jedną z części zasadniczych stacji nadawczej stanowi t. zw. **mikrofon**. Przyrząd ten w układzie stosowanym w telefonach zwyczajnych (rys. 161) stanowi styk niedoskonały **S**, którego opór zmienia się w zależności od drgań membrany **m**, wywoływanych przez fale dźwiękowe. Wskutek tego, natężenie prądu stałego, dostarczanego przez ogniwo **E** i płynącego w obwodzie mikrofonu, ulegać będzie zmianom (wibracjom) zgodnie z drganiami membrany. Przez transformator **M** drgania powyższe udziela się linii **L** w postaci

prądu zmiennego i wywołają drgania membrany słuchawki **T**, umieszczonej na stacji odbiorczej. Drgania te będą, rzecz oczywista, zupełnie podobne do drgań membrany mikrofonu, dzięki czemu membrana słuchawki wytworzy dźwięk taki sam, jaki wywołał drgania membrany mikrofonu na stacji nadawczej.

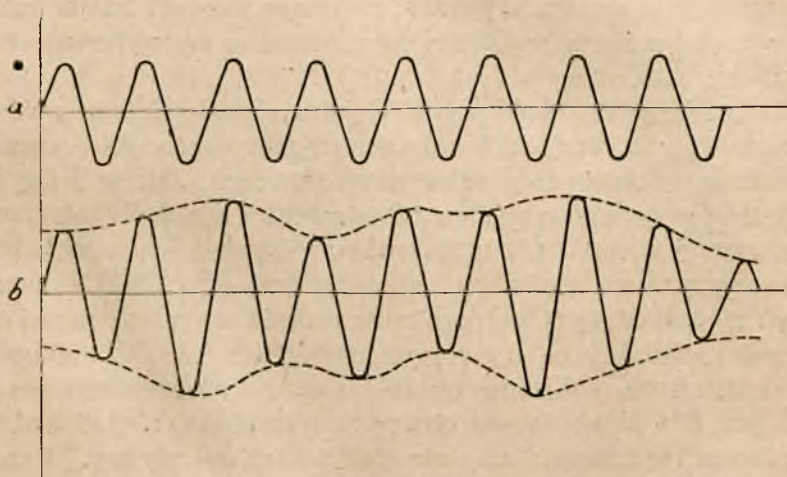


Rys. 161



Rys. 162

Podobnie rzecz się przedstawia w nadawczej stacji radiotelefonicznej. W antenie takiej stacji wznecamy drgania niegasnące za pomocą jednego ze znanych nam już sposobów, i drgania te utrzymujemy stale przez cały czas działania stacji (rys. 162). Oczywiście, antena stacji nadawczej promienio-



Rys. 163

wać będzie wtedy falą niegasnącą, której stacja odbiorcza w zwykłym układzie (odbiornik z detektorem i telefonem) ujawnić nie będzie w stanie. Wykres takiej fali przedstawia rys. 163a. Gdy natomiast membrana mikrofonu **M** (rys. 162) zacznie wykonywać drgania pod wpływem drgających dzięki fali głosowej cząsteczek powietrza, uderzających w membranę — amplituda prądu szybkozmennego w antenie będzie ulegać wibracjom, zgodnym ze zmianami, zachodzącymi w oporze mikrofonu. Drganie niegasnące w antenie przekształci się zatem w sposób, wskazany na rys. 163b, podobnie też zmieni się kształt fali, wzniesionej przez antenę. A że każdej zgłosce mowy ludzkiej odpowiada odmienny kształt fali głosowej — jasną jest rzeczą, że każda zgłoska wywoła odmiennie nieco zniekształcenie fali. Opisane zniekształcenie amplitudy fali przez falę dźwiękową nazywa się **modulacją** fali. Długość fali generatora wskutek modulacji zmianom nie ulega, jedynie tylko jej amplituda, dlatego też odbiornik jest zawsze nastrojony do rezonansu na falę własną generatora, która to fala w radjotelefonji nazywa się **falą nośną**.

Stacja odbiorcza w najzwyczajniejszym układzie, to znaczy zaopatrzona w zwyczajny detektor stykowy, jakkolwiek na falę niegasnącą reagować nie może, to jednak z chwilą, gdy amplituda tej fali ulega zmianom — zmiany te zanotuje w postaci scalkowanej, dzięki czemu membrana słuchawki wykonywać zacznie drgania, dokładnie naśladujące drganie membrany mikrofonu, wydając jednocześnie odpowiednie dźwięki.

116. **MIKROFONY RADJOTELEFONICZNE**. Ze względu na to, że **mikrofony radjotelefoniczne**, początkowo włączane bezpośrednio do obwodu anteny stacji nadawczej, podlegać musiały znacznym obciążeniom elektrycznym — stosowano tu konstrukcje inne, niż w mikrofonach zwyczajnych, w których przez styk mikrofonu płynie prąd o natężeniu nader słabym. Przeważnie były to t. zw. **mikrofony ciekłe**, w których rolę przewodnika o zmiennym oporze odgrywała kropla lub struga cieczy, zmieniająca swe wymiary (a zatem i opór) pod wpływem drgań membrany mikrofonu.

Następnie stosowano zwykle **mikrofony węglowe**, włączając je do anteny równolegle po kilka w taki sposób, aby działała na nie wspólna błona.

Obecnie jednak mikrofony radjotelefoniczne nie są włączane bezpośrednio do anteny nadawczej, lecz do obwodów innych, na antenę działających, dzięki czemu podlegają znacznie mniejszym obciążeniom elektrycznym. A więc w systemie **Poulsen'a** załącza się je do obwodu wzbudzającego prądnicy zasilającej, lub też do obwodu elektromagnesów generatora lukowego. W stacjach maszynowych — przeważnie działają one na obwód anteny przez amplifikator magnetyczny. W stacjach lampowych o małej mocy nadal spotykamy załączenie mikrofonu bezpośrednio do obwodu anteny, podczas gdy w większych stacjach lampowych modulacja osiąga się przy pomocy lampy dodatkowej, zwanej **lampą modulacyjną**, działającą na jeden z obwodów lamp generatorowych.

Dzięki powyższym sposobom załączania, konstrukcja mikrofonu radjotelefonicznego nie różni się dziś zasadniczo od konstrukcji mikrofonów telefonicznych; w większości wypadków praktyki są to również **mikrofony węglowe**.

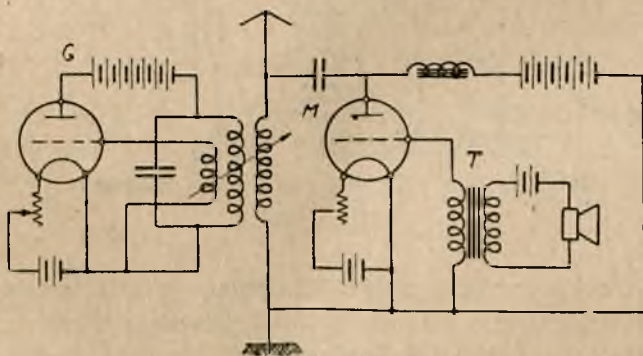
117. STACJE NADAWCZE RADJOTELEFONICZNE. Każda stacja nadawcza radjotelefoniczna, przez uzupełnienie jej jedynie w urządzenie modulacyjne, może stać się stacją radjotelefoniczną. Zwykle też stacje nadawcze, zwłaszcza wojskowe, małej i średniej mocy, są tak urządzone, że mogą pracować jako stacje radjotelegraficzne lub radjotelefoniczne. Przejście z jednego rodzaju korespondencji na drugi, uskutecznia się za pomocą specjalnego wyłącznika, włączającego lub wyłączającego urządzenie modulacyjne.

W skład każdego urządzenia modulacyjnego wchodzi przede wszystkim mikrofon zasilany baterią z ogniów lub akumulatorów, a pozatem **lampa modulacyjna i transformator modulacyjny**.

118. MODULACJA PRZEZ ABSORBCJĘ W ANTENIE. Do najprostszych systemów modulacji należy **modulacja przez absorbcję w antenie** osiągalna zapomocą **obwodu mikrofono-**

wego sprzężonego indukcyjnie z anteną. Obwód mikrofonowy składa się z mikrofonu, baterji zasilającej mikrofon i z cewki indukcyjnej sprzężonej z cewką przedłużającą anteny. Obwód mikrofonowy, wskutek dostatecznie silnego sprzężenia z anteną, zależnie od wielkości oporności tego obwodu, pochłaniać będzie większą lub mniejszą ilość energii wytwarzanej przez generator w antenie. Ponieważ oporność obwodu mikrofonowego zmieniać się będzie zgodnie z drganiami membrany, wibrującej pod wpływem drgań akustycznych, zgodnie więc z nimi pochłaniana będzie energia elektryczna anteny, czyli amplituda fali nośnej zmieniać będzie swą wielkość zgodnie z drganiami membrany.

Aby ten system modulacji zastosować w stacjach większej mocy, koniecznym jest, by oporność obwodu absorbującego energję podlegała silniejszym wahaniom, niż w wypadku powyższym. Dla osiągnięcia tego stosuje się lampę modulacyjną, której obwód anodowy jest załączony równolegle do cewki antenowej (rys. 164). Na siatkę lampy modulacyjnej *M*, za pośrednictwem transformatora modulatoryjnego *T*, działa ob-

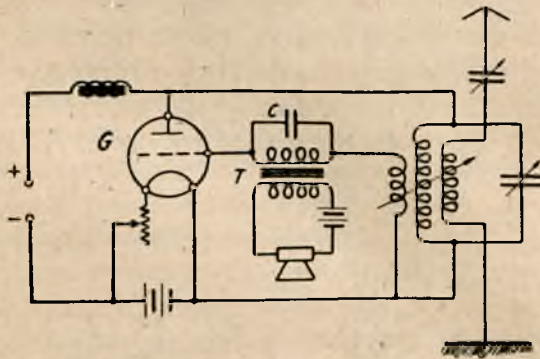


Rys. 164

wód mikrofonowy, wytwarzając wahania potencjału siatki zgodnie z drganiami akustycznymi. Te wahania potencjału siatki, jak wiemy z p. 88. zmieniać będą oporność wewnętrzną lampy modulacyjnej. Zależnie teraz od chwilowych wartości tej opor-

ności, przez lampę modulacyjną przepływać będzie większy lub mniejszy prąd odgałęziony z anteny a wytworzony w niej przez generator **G**, w rezultacie więc amplituda prądu anteny wahać się będzie zgodnie z drganiami głosowymi. W wypadku omówionym, zasilanie anody lampy modulacyjnej napięciem stałym — jest równoległe.

119. MODULACJA W OBWODZIE SIATKI. System ten nie wymaga wcale lampy modulacyjnej, dlatego też ma szerokie zastosowanie w stacjach radiotelefonicznych małej i średniej mocy. Schemat zasadniczy systemu modulacji w obwodzie siatki generatora przedstawia rys. 165. W obwód siatki lampy generatorowej **G** włączone jest uzwojenie wtórne transformatora modulacyjnego **T**, uzwojenie pierwotne którego znajduje się w obwodzie mikrofonowym. Uzwojenie wtórne transfor-

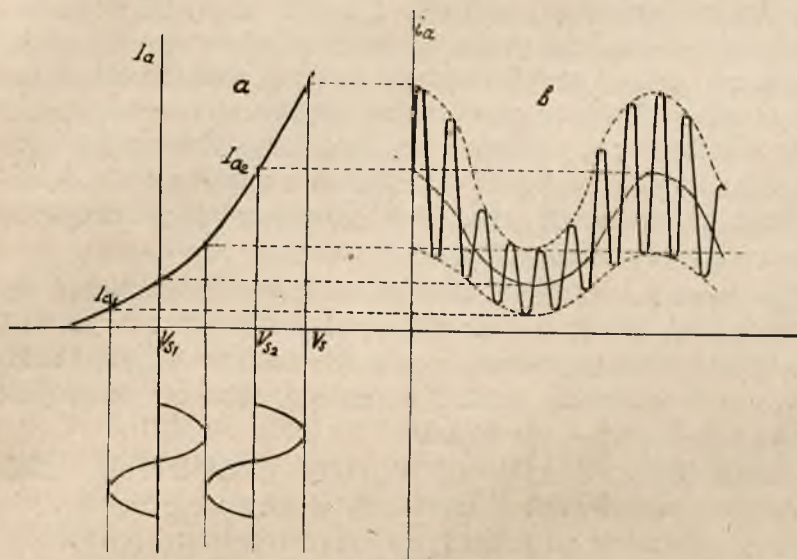


Rys. 165

matora modulacyjnego zabocznikowane jest kondensatorem **C**, zadaniem którego jest otwarcie drogi dla prądów szybkozmiennych generatora, dla których uzwojenie transformatora przedstawia zbyt wielką oporność.

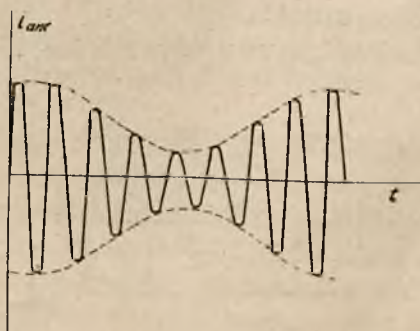
Wskutek wahań napięcia w transformatorze, wywołanych drganiami membrany mikrofonu, waha się również potencjał siatki zgodnie z drganiami akustycznymi. Wahania te zmieniają położenie punktu początkowego pracy na charakterystyce lampy (rys. 166a). Zależnie teraz od położenia tego punktu,

drżania wytworzone przez generator odbywać się będą w różnych częściach charakterystyki, a ponieważ, jak wiemy, nie jest ona prostolinijna, więc amplituda drgań generatora, przy różnych położeniach początkowego punktu pracy, będzie róż-



Rys. 166

na, zmieniać się więc ona będzie zgodnie z drżaniami membrany mikrofonu. Modulację tę wyjaśnia nam rys. 166a. Niech początkowy potencjał siatki, pod wpływem obwodu mikro-



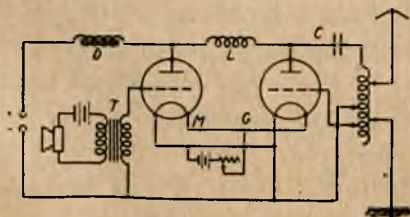
Rys. 167

fonowego zmienia się w granicach od V_{s1} do V_{s2} z częstotliwością akustyczną (a więc z małą częstotliwością); z tą samą częstotliwością zmieniać się będzie prąd anodowy (punkt początkowy pracy) od I_{a1} do I_{a2} . Równocześnie jednak wytwarza drgania generator, wskutek których potencjał siatki będzie również zmieniał swoją wartość z wielką częstotliwością, przyczem zmiany te odbywać się będą ze stałą amplitudą po obu stronach chwilowych potencjałów nadawanych siatce przez obwód mikrofonowy. Ponieważ charakterystyka nie jest prostolinijna, prąd więc będzie zmieniał swą amplitudę nierównomiernie, co wskazuje rys. 166b przedstawiający chwilowe wartości prądu anodowego.

Ponieważ antena jest nastrojona na częstotliwość drgań generatora, wytworzy się w niej prąd wskazany na rys. 167, a więc składowa szybkozmienna prądu anodowego, gdyż składowa wolnozmienna, działając na antenę, jako nie nastrojona na tę składową, — nie będzie.

120. MODULACJA W OBWODZIE ANODOWYM. Najprostszym rozwiązaniem modulacji w obwodzie anodowym, byłoby włączenie uzwojenia wtórnego transformatora modulacyjnego do obwodu anodowego lampy generatorowej. Sposób ten jednak, z powodu zbyt słabej modulacji, praktycznego zastosowania mieć nie może. Inny sposób tej modulacji, polegający na włączeniu obwodu anodowego lampy modulacyjnej do obwodu zasilającego anodę lampy generatorowej, również nie zyskał zbyt dużego uznania.

Najlepszym i najbardziej rozpowszechnionym systemem mo-



Rys. 168

dulacji w obwodzie anodowym jest **system Heising'a**, schemat którego przedstawia rys. 168. Podstawową częścią tego układu jest **dławik modulacyjny D**, o dużym współczynniku indukcyjności, zadaniem którego jest utrzymanie prądu anodowego dostarczonego przez źródło prądu anodowego obydwu lampom, — na tej samej stałej wartości, tak by suma prądów anodowych lamp modulacyjnej i generatorowej, połączonych ze sobą równolegle, była w każdej chwili stałą i nie ulegała wahaniom. Wskutek tej stałości sumy prądów, gdy prąd anodowy lampy modulacyjnej, wskutek zmian potencjałów jej siatki, spowodowanych drganiami obwodu mikrofonowego, — zmniejsza się (lub zwiększa), to prąd anodowy lampy generatorowej, przeciwnie, zwiększa się (lub zmniejsza), czyli że amplituda drgań generatora będzie zmieniać się zgodnie z drganiami membrany mikrofonu; w rezultacie więc drgania generatora będą modulowane.

W opisanym przykładzie cewka **L** ma za zadanie niedopuszczanie prądów szybkozmiennych do lampy modulacyjnej, a kondensator **C** — niedopuszczanie prądu stałego, zasilającego anody, do obwodu drgań.

121. **GŁĘBOKOŚĆ MODULACJI.** Ponieważ energja modulująca w obwodzie mikrofonowym, zwłaszcza na dużych stacjach nadawczych, jest zbyt małą wobec energii drgań generatora, wskutek czego zniekształcenia drgań, czyli modulacja staje się nieznaczną, — zachodzi często potrzeba wzmocnienia energii modulującej obwodu mikrofonowego, tak by amplituda drgań zniekształconych modulacją była możliwie największą w stosunku do amplitudy drgań samego generatora (gdy modulacji niema).

Wskutek modulacji amplituda drgań wytworzonych przez generator w antenie kolejno wzrasta i maleje zgodnie z drganiami modulującymi, o pewną wielkość, stosunek której do amplitudy drgań wytworzonych w antenie wtedy, gdy działanie modulacyjne jest przerwane, nosi nazwę **głębokości modulacji**, a która powinna wynosić przynajmniej 0,5 (50%).

Celem zwiększenia amplitudy drgań modulujących, co po-

ciąga za sobą pogłębienie modulacji, stosuje się zwykle amplifikatory małej częstotliwości, do transformatora wejściowego których, włącza się obwód mikrofonowy, a do transformatora wyjściowego, odgrywającego w danym wypadku również rolę transformatora modulacyjnego, włącza się odpowiedni obwód generatora, lub obwód siatki lampy modulacyjnej, zależnie od systemu modulacji.

XIII. ODBIORCZE RADJOSTACJE LAMPOWE.

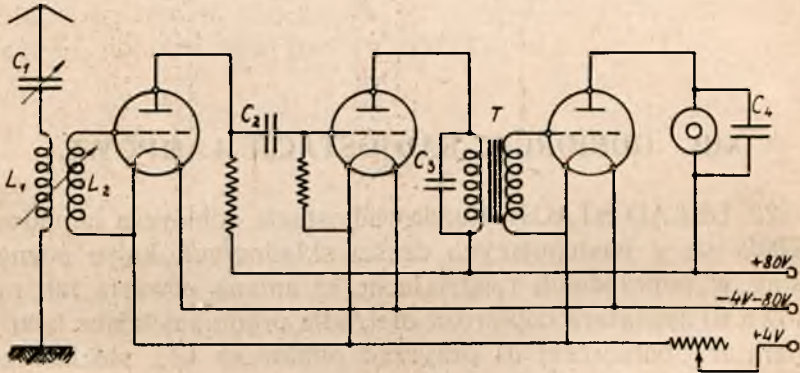
122. UKŁAD STACJI. Każda radiostacja odbiorcza lampowa składa się z następujących części składowych które poznaliśmy w poprzednich rozdziałach: a) antena otwarta lub ramowa b) aparatura odbiorcza c) źródła prądu zasilające lampy aparatury odbiorczej d) przyrząd odbiorczy t. j. słuchawka, głośnik lub aparat piszący.

Typ każdej radiostacji odbiorczej lampowej nadany jej jest głównie aparaturą odbiorczą, to też w rozdziale niniejszym poznamy w ogólnych zarysach zasadnicze rodzaje tych aparatów, znanych pod ogólną nazwą **odbiorników**.

Kompletny odbiornik składa się z trzech charakterystycznych części: wzmacniacza wielkiej częstotliwości, detektora i wzmacniacza małej częstotliwości. Wszystkie te części są zwykle zmontowane we wspólnym pudełku, wewnątrz którego znajdują się ponadto cewka przedłużająca anteny i kondensator anteny, a na zewnątrz pudełka — przełączniki, tarcze kondensatorów obrotowych, warjometrów i oporników żarzenia, gniazdko dla słuchawek, oraz zaciski służące do załączenia anteny, uziemienia i źródeł prądów zasilających lampy.

Zasady budowy odbiorników nie podajemy, gdyż wykraczałoby to poza ramy podręcznika, a czytelnikom chcącym zapoznać się bliżej z praktyczną stroną budowy odbiorników, polecamy przestudjować tak liczną już u nas literaturę radioamatorską. Na tem miejscu ograniczymy się jedynie do poznania zasad działania różnych typów układów odbiorczych.

123. ZASADNICZY UKŁAD ODBIORCZY. Kompletny odbiornik o schemacie zasadniczym, jak wspomnieliśmy, składa się ze wzmacniacza wielkiej częstotliwości, detektora lampowego i wzmacniacza małej częstotliwości. Schemat takiego odbiornika podaje rys. 169, na którym widzimy, że obydw



Rys. 169

wzmacniacze są jednolampowe, w praktyce jednak spotyka się obydwie wzmacniacze, zwłaszcza wzmacniacz małej częstotliwości, dwu lub trzylampowe o jednolitych lub mieszanych układach, odpowiadających zadaniom tych wzmacniaczy, a więc oporowe, rezonansowe, transformatorowe i t. d.

Spotyka się również odbiorniki o schemacie zasadniczym, lecz niekompletne t. j. bez wzmacniacza wielkiej a rzadziej małej częstotliwości. Detektor w każdym odbiorniku jest niezbędny.

Sprzężenie anteny z odbiornikiem (z obwodem siatki pierwszej lampy odbiornika) jest zawsze indukcyjne i może być transformatorowe, jak wskazano na rys. 169, lub też bezpośrednie, w którym końce cewki anteny są bezpośrednio połączone z siatką lampy i z jednym końcem katody.

W znacznej większości wypadków w odbiornikach stosuje się jednolity typ lamp, dlatego też wszystkie anody są zasilane wspólnym źródłem napięcia anodowego, a wszystkie katody lamp żarzone są prądem ze wspólnej baterji żarzenia.

Wspomnieć należy, że w stacjach o charakterze stałym, do których zaliczyć można również odbiorniki broadcastingowe, anody są często zasilane prądem zmiennym wyprostowanym przez prostownik lampowy.

Słuchawka może być dwojako załączona do odbiornika: 1) bezpośrednio do obwodu anodowego ostatniej lampy (rys. 169). Oporność słuchawki powinna być w tym wypadku duża, a sama słuchawka zabocznikowana kondensatorem zaworowym C_1 . 2) za pośrednictwem transformatora wyjściowego (rys. 122); w tym wypadku słuchawka jest zwykle małooporną, oporność uzwojeń której wynosi przeciętnie około 100 omów. Przy bezpośrednim włączeniu słuchawki do obwodu anodowego, zwrócić należy uwagę, by składowa stała prądu anodowego nie rozmagnesowywała magnesów słuchawki, wtyczki słuchawki muszą więc być włączone do właściwych gniazdek. Przy włączeniu słuchawki za pośrednictwem transformatora wyjściowego, ponieważ na słuchawkę działa tylko składowa zmienna prądu anodowego, — ostrożność ta jest zbędną.

Odbiornikami o schemacie zasadniczym odbierać można tylko fale modulowane (tonowane i telefon).

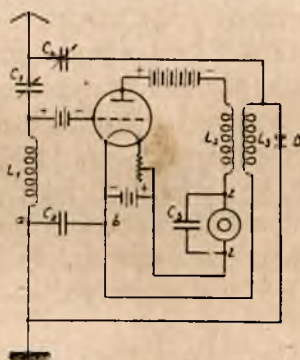
124. UKŁADY ODBIORCZE SPECJALNE. Oprócz układów odbiorczych o schemacie zasadniczym, bardzo rozpowszechnione są różnorodne układy o schematach wręcz odmiennych, w których niektóre lampy spełniają wielokrotną rolę, lub też znajdują się w nich dodatkowe lampy spełniające specjalne zadania.

Do układów takich zaliczyć możemy w pierwszym rzędzie odbiorniki reakcyjne, zasadę działania których poznaliśmy już. Właściwie odbiornik reakcyjny nie stanowi odrębnego typu, układ odbiornika może być dowolnym: o schemacie zasadniczym lub specjalnym, lecz uzupełnienie takiego układu w sprzężenie zwrotne, nadaje układowi temu odrębny charakter działania, dlatego też wszystkie odbiorniki reakcyjne możemy zaliczyć do grupy odbiorników specjalnych.

Z pośród innych układów specjalnych, zasługują na specjalną uwagę układy omówione poniżej.

125. UKŁAD ODBIORCZY „REFLEKS“. Charakterystyczną cechą układu „refleks“ jest podwójne działanie lampy wzmacniającej. Lampa ta służy równocześnie jako wzmacniacz wielkiej częstotliwości i wzmacniacz małej częstotliwości. W układzie tym detektor jest zazwyczaj stykowy a czasem oddzielna lampa.

Zasadę działania układu refleksowego wyjaśnia rys. 170. Prąd



Rys. 170

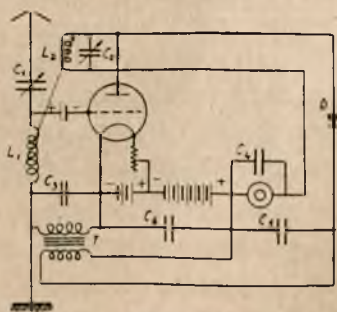
powstający w antenie pod wpływem fal elektromagnetycznych, zostaje przez lampę wzmocniony. Lampa pracuje więc jako wzmacniacz wielkiej częstotliwości. Prąd anodowy wielkiej częstotliwości omija słuchawkę, przepływając przez kondensator zaworowy C_3 . Za pośrednictwem transformatora wielkiej częstotliwości o uzwojeniach L_2 i L_3 , prąd wielkiej częstotliwości wzmocniony uprzednio przez lampę, indukuje prąd tej samej częstotliwości w obwodzie detektorowym, w którym zostaje wyprostowany, a więc zamieniony na prąd małej częstotliwości. Prąd ten przez cewkę L_1 zostaje doprowadzony do siatki lampy, która spełnia teraz rolę amplifikatora małej częstotliwości, wskutek czego w słuchawce usłyszy się dźwięk spotęgowany.

Jednym z niezbędnych warunków prawidłowego działania

układu jest, by lampa pracowała na prostoliniijnej części charakterystyki, aby uniknąć powtórnej detekcji; w tym celu nadajemy siatce przy pomocy jednego do dwóch ogniw suchych — pewien stały potencjał początkowy, odpowiadający początkowemu punktowi pracy na prostoliniijnej części charakterystyki lampy.

Zadaniem kondensatora C_2 o pojemności stałej wynoszącej 2000 do 3000 cm, przedstawiającego dużą oporność dla drgań małej częstotliwości, a małą oporność dla drgań wielkiej częstotliwości, jest zabezpieczenie obwodu detektorowego przed zwarcieniem przez przewodnik a—b. Przewodnik ten jest konieczny dla doprowadzenia drgań wielkiej częstotliwości z anteny do obwodu siatki lampy, lecz z drugiej strony, gdyby nie było kondensatora C_2 , drgania małej częstotliwości nie dochodziły by do obwodu siatki lampy, wskutek czego membrana słuchawki nie została by uruchomiona.

Odbiornik o układzie refleks może być skombinowany z układem reakcyjnym o sprzężeniu zwrotnym pojemnościowym, za pomocą kondensatora C_4 , załączonego jak wskazuje rys. 170. Ponadto celem większego wzmocnienia drgań małej częstotliwości, do zacisków z—z, zamiast słuchawki można dołączyć amplifikator małej częstotliwości o niewielkiej ilości członów.



Rys. 171

Pewną odmianę, będącą połączeniem odbiornika refleks z odbiornikiem rezonansowym i reakcyjnym, wyobraża rys. 171.

Obwód rezonansowy, stanowiący zasadniczą część odbiornika rezonansowego, złożony jest z kondensatora C_2 i cewki L_2 , która to cewka jest równocześnie cewką reakcyjną. Obwód detektorowy nie jest tutaj załączony bezpośrednio do obwodu siatki, lecz sprzężony z nim indukcyjnie zapomocą transformatora małej częstotliwości ze rdzeniem T . Zadaniem kondensatorów C_3 i C_6 jest niedopuszczenie drgań wielkiej częstotliwości do transformatora T i baterji anodowej, otwarcie im natomiast dogodniejszej drogi.

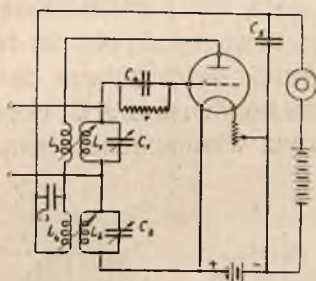
Fale ciągłe odbierane być mogą przez ten odbiornik tylko przy zastosowaniu w nim sprzężenia zwrotnego (reakcji).

126. UKŁAD SUPERREAKCYJNY. Układ ten zwany również **supergeneratorowym** jest udoskonaloną odmianą układu reakcyjnego. Nadaje się on specjalnie do odbioru fal krótkich, w pierwszym rzędzie ciągłych, a następnie modulowanych.

Znane nam już jest zjawisko powstawania drgań własnych w odbiorniku reakcyjnym, gdy sprzężenie zwrotne jest odpowiednio silne. Drgania własne w odbiorniku radiotelefonicznym reakcyjnym są szkodliwe, gdyż wywołują w słuchawce piski, oraz znaczne zniekształcenie dźwięków odbieranych, lecz z drugiej strony przy silnej reakcji odbiór staje się bez porównania silniejszy. Gdybyśmy jednak jakimś sposobem przerywali powstawanie drgań własnych odbiornika reakcyjnego z częstotliwością stosunkowo małą względem częstotliwości odbieranej, lecz dużą względem częstotliwości akustycznej, — to wytwarzane drgania własne odbiornika reakcyjnego nie były by słyszalne, siła odbioru byłaby natomiast znacznie większą.

Zasadą działania supergeneratora jest właśnie przerywanie jego drgań własnych — z częstotliwością średnią wynoszącą około 20.000 okr./sek. Zadanie tego automatycznego przerywacza spełnia dodatkowy obwód drgań $L_2 C_2$, znajdujący się w obwodzie siatki, silnie sprzężony indukcyjnie zapomocą cewki reakcyjnej L_1 z obwodem anodowym (rys. 172), wy-

tworzący wobec tego drgania o częstotliwości około 20.000 okr./sek. (L_2 i C_2 muszą więc być odpowiednio dobrane).

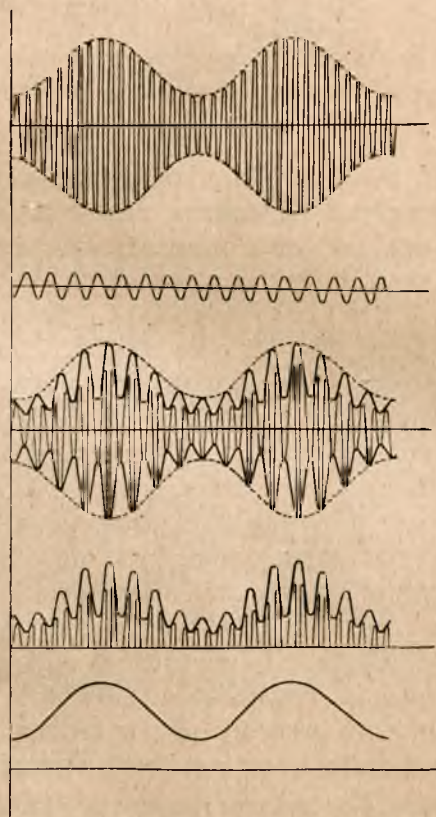


Rys. 172

Obwód drgań $L_1 C_1$ do którego załączona jest rama, lub sprzężona z tym obwodem antena, nastrojony jest na częstotliwość zasadniczą, t. j. częstotliwość stacji nadawczej, którą odbieramy. Z powodu silnego sprzężenia cewki reakcyjnej L_2 z cewką L_1 , w obwodzie $L_1 C_1$ powstawać ponadto będą drgania własne również o częstotliwości zasadniczej, sumować się więc one będą z drganiami wytworzonymi przez fale elektromagnetyczne za pośrednictwem anteny. W wyniku tego sumowania się drgań o tej samej częstotliwości, amplituda ich zostanie znacznie wzmocniona, — dźwięki odbierane będą głośniejsze, lecz byłyby zniekształcone, gdyby nie obwód $L_2 C_2$, który wytwarzając drgania własne o średniej częstotliwości, z tą częstotliwością zmienia potencjał siatki, wskutek czego z tą też częstotliwością zmienia się oporność obwodu siatki, to też w chwilach, gdy oporność ta staje się dostatecznie dużą, drgania własne powstałe w obwodzie $L_1 C_1$ zostają przerwane. Ponieważ przerwy te powtarzają się z częstotliwością średnią, drgania własne nie będą słyszalne.

Przebieg całego działania przedstawia rys. 173, na którym wykres pierwszy przedstawia drgania modulowane wzbudzone przez antenę w obwodzie $L_1 C_1$, zaś wykres drugi — zmiany oporności obwodu siatki odbywające się z częstotliwością 20.000 okr./sek. Z wykresu trzeciego widzimy, że w chwilach,

gdy oporność ta jest największą, amplituda drgań o częstotliwości zasadniczej jest małą, a gdy jest najmniejszą, amplituda ta staje się bardzo duża, gdyż zwiększoną zostaje przez drgania własne. Wykres czwarty wyobraża te same drgania, lecz wyprostowane wskutek detekcyjnego działania lampy, zapewnionego obecnością kondensatora C_4 i oporu r ; wreszcie wykres piąty przedstawia wzmocnione ostatecznie drgania membrany słuchawki.



Rys. 173

Kondensator C_3 (rys. 172) służy do ułatwiania przepływu prądom szybkozmiennym o częstotliwości zasadniczej, zaś kon-

densator C_2 spełnia podobne zadanie odnośnie prądów średniej częstotliwości, które dla działania słuchawki są zbędne.

Istnieje spora ilość odmian układu superreakcyjnego, lecz wszystkie one polegają na tej samej zasadzie działania. W układzie dwulampowym, rolę generatora średniej częstotliwości spełnia druga lampa. Istnieją ponadto bardziej skomplikowane układy 3 i 4 lampowe.

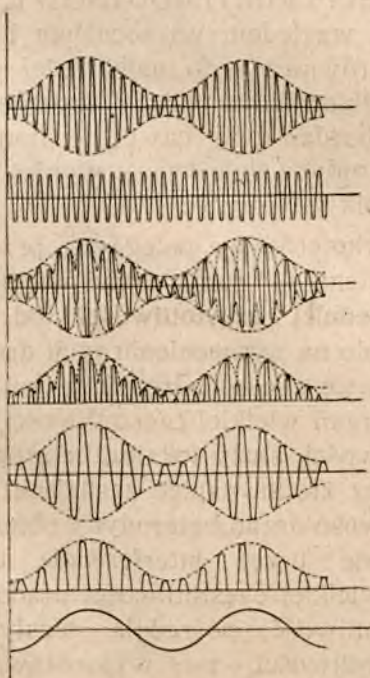
Zasadniczym warunkiem dobrego działania supergeneratora jest, by stosunek częstotliwości zasadniczej do częstotliwości średniej był możliwie największy, dlatego też układ ten nadaje się specjalnie do odbioru fal najkrótszych.

Przy odbiorze fal ciągłych, obwód $L_1 C_1$ musi być cokolwiek rozstrojony względem częstotliwości zasadniczej, by uzyskać heterodynowanie.

127. UKŁAD SUPERHETERODYNOWY. Do najbardziej skutecznych pod względem wzmocnienia i najbardziej selektywnych, lecz również i do najbardziej skomplikowanych w konstrukcji odbiorników, należy **superheterodyna**. Zasięg układu tego jest bardzo duży nawet posiłkując się anteną ramową. Superheterodyna daje lepsze wyniki przy odbiorze fal modulowanych, niż fal ciągłych.

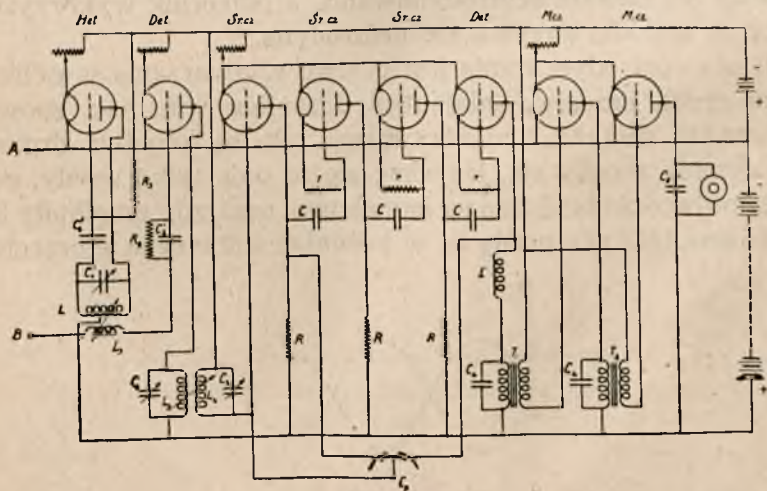
Działanie superheterodyny polega na przekształceniu wytworzonych w antenie lub ramie drgań wielkiej częstotliwości, na **drżania pośredniej częstotliwości** (od 5.000 do 15.000 okr./sek.), następnie na wzmocnieniu tych drgań, z których po detekcji otrzymuje się wreszcie drżania małej częstotliwości. Do przekształcenia drgań wielkiej częstotliwości na drżania o pośredniej częstotliwości, służy lokalna heterodyna, która może być zasilana przez źródła napięć zasilające wszystkie lampy układu. Częstotliwość drgań heterodyny obiera się tak, by dudnienie otrzymane przez interferencję drgań heterodyny z drżaniami wielkiej częstotliwości prądu antenowego, — posiadały częstotliwość pośrednią niesłyszalną. Drżania pośredniej częstotliwości, po wyprostowaniu przez detektor lampowy, wzmacnia się zapomocą amplifikatora spe-

cialnie dla tej częstotliwości przewidzianego, poczem po powtór-
 nem zdetektowaniu, otrzymuje się dopiero drgania małej czę-
 stotliwości odpowiadające drganiom membrany w stacji na-
 dawczej. Wreszcie drgania małej częstotliwości wzmacnia się
 zapomocą zwykłego amplifikatora małej częstotliwości. Prze-
 bieg powyższych procesów przedstawia rys. 174, na którym
 wykres pierwszy wyobraża drgania wielkiej częstotliwości
 w antenie, wykres drugi — drgania wielkiej częstotliwości
 heterodyny, wykres trzeci — dudnienia powyż-
 szych dwóch drgań, wykres czwarty — dudnienia po
 pierwszej detekcji, wykres piąty — drgania w amplifikato-
 rze pośredniej częstotliwości, wykres szósty — drgania po-
 średniej częstotliwości po drugiej detekcji, wykres siódmy —
 drgania małej częstotliwości działające na słuchawkę.



Rys. 174

Układ superheterodynowy składa się więc z następujących części składowych: 1) anteny lub rami, 2) heterodyny, 3) detektora lampowego, 4) czasem przed detektorem może być jeszcze wzmacniacz wielkiej częstotliwości, 5) wzmacniacza pośredniej częstotliwości (oporowego, dławikowego lub transformatorowego), 6) drugiego detektora lampowego, 7) wzmacniacza małej częstotliwości, 8) słuchawki. Za pomocą takiego układu odbierać można tylko fale modulowane (tonowane lub radjotelefon). By odbierać fale ciągłe, potrzebna jest ponadto jeszcze druga heterodyna wytwarzająca drgania pośredniej częstotliwości, która by przez interferencję z drganiami pośredniej częstotliwości, odbywającymi się w amplifikatorze pośredniej częstotliwości, dawała dudnienia małej częstotliwości. Schemat układu superheterodynowego przewidzianego dla odbioru tylko fal modulowanych, wyobraża rys. 175, na którym widzimy, że wszystkie lampy są zasilane przez wspólne źródła napięcia; heterodyna jest sprzężona indukcyjnie z obwodem siatki pierwszej lampy detektorowej. Obwody drgań $C_2 L_3$ i $C_3 L_4$ są nastrojone na pośrednią częstotliwość. Kondensator C_p ma za zadanie zneutralizowanie szkodliwych dla odbioru drgań własnych wytwarzających się w układzie.



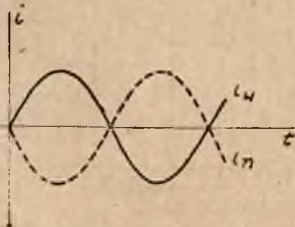
Rys. 175

Schemat podany powyżej jest zasadniczym schematem superheterodynowym. Istnieją jednak liczne odmiany superheterodyny, posiadające różne nazwy, jak ultradyna, tropadyna, autoheterodyna, superhotodyna i t. d., zasada działania których jest we wszystkich wypadkach jednakową.

Zasadniczym warunkiem czułości superheterodyny jest ten, by stosunek wielkiej częstotliwości do pośredniej częstotliwości był możliwie największy, dlatego też superheterodyna działa tem lepiej, im dla krótszych fal jest ona przewidziana. Stosuje się ją tylko dla fal najkrótszych i krótkich.

128. NEUTRODYNOWANIE. Zasadniczą wadą wszystkich odbiorników, zwłaszcza posiadających więcej niż jeden człon wzmocnienia wielkiej częstotliwości, jest łatwość powstawania drgań własnych, przeszkadzających w odbiorze i zniekształcających dźwięki, a spowodowanych różnemi ubocznemi sprzężeniami n. p. przez oddziaływanie przewodników na siebie, a przede wszystkim przez pojemność wewnętrzną lampy. Sprzężenia te są przyczyną szkodliwego generacyjnego działania wzmacniacza wielkiej częstotliwości w odbiorniku. Aby zredukować do minimum wpływ drgań własnych odbiornika, stosuje się metodę **neutrodynowania**, a odbiornik wykorzystujący tę metodę, nazywa się **neutrodyną**.

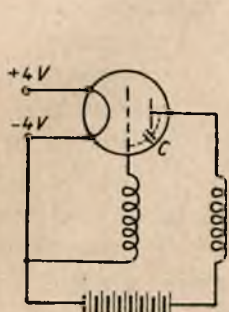
Istotą neutrodynowania jest celowe wytwarzanie w odbiorniku drgań przeciwdziałających drganiom własnym, spowodowanym sprzężeniami ubocznemi, tak, by obydwaj drgania wzajemnie znosiły się. Uzyskać się to daje tylko wtedy, gdy częstotliwości obu drgań są jednakowe, oraz gdy amplitudy ich są równe, lecz gdy prądy te w każdej chwili bieżą w przeciw-



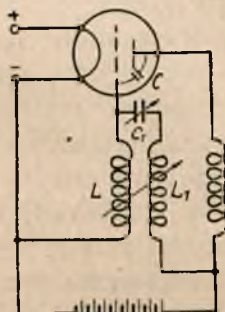
Rys. 176

nych kierunkach. Wyjaśnia nam to rys. 176, na którym i_w oznacza drgania własne, a i_n — prąd neutralizujący. Suma geometryczna tych prądów, jak widzimy wynosi zero. O dwóch prądach zmiennych biegnących stale w kierunkach przeciwnych, mówimy, że jeden z nich jest **przesunięty w fazie o pół okresu** względem drugiego.

Wyobraźmy sobie lampę katodową w zwykłym układzie wzmacniającym (rys. 177), w którym kondensator **C** oznacza

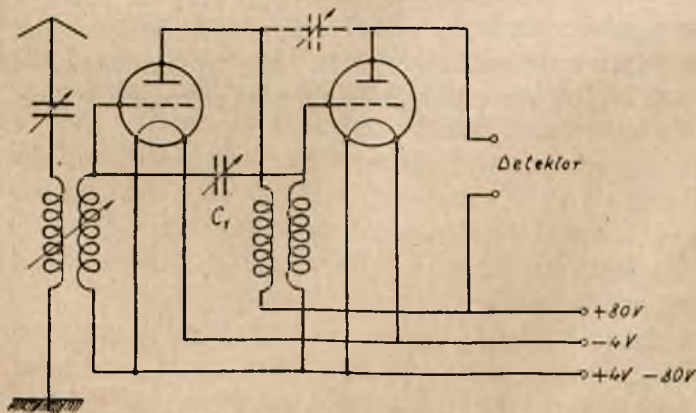


Rys. 177



Rys. 178

pojemność wewnętrzną lampy, sprzęgającą obwód anodowy z obwodem siatki, wskutek czego powstają drgania własne, objawiające się stałą zmianą potencjału siatki z częstotliwością



Rys. 179

odpowiadającą pojemności własnej i indukcyjności obwodu anodowego. Jeśli teraz drgania te za pośrednictwem kondensatora C_1 odgałęzimy do cewki indukcyjnej L_1 (rys. 178) sprzężonej z cewką obwodu siatki L , to pod wpływem tego sprzężenia wytworzą się drgania przesunięte w fazie o pół okresu względem drgań własnych, pod warunkiem dobrania odpowiednio kierunków uzwojeń obydwu cewek L i L_1 . Gdy warunek ten zostanie spełniony, to działania obydwu drgań na potencjał siatki będą się znosić, wskutek czego drgania własne zostaną stłumione czyli zneutralizowane.

Jak zaznaczyliśmy, konieczną jest tu równość amplitud obydwu drgań w cewce L , którą uzyskuje się przez odpowiednie naregulowanie kondensatora C_1 , względnie przez dobranie sprzężenia między cewkami L i L_1 . Zwykle sprzężenie to jest stałe, a równość amplitud reguluje się kondensatorem C_1 , pojemność którego jest bardzo małą (kilkanaście cm).

W amplifikatorach transformatorowych wielkiej częstotliwości o dwu lub więcej członach, sposób neutralizacji znacznie upraszcza się, gdyż cewkę neutralizującą L_1 zastępuje wtedy uzwojenie wtórne transformatora, wystarczy więc jedynie obydwie siatki lamp wznacniacza połączyć zapomocą kondensatora obrotowego C_1 , jak wskazuje rys. 179.

Rozumując w podobny sposób, dojdziemy do identycznego rezultatu, gdy połączymy ze sobą nie siatki obydwu lamp, lecz ich anody, jak wskazano na rys. 179 linią kreskowaną, jednakże pierwszy z tych sposobów uznany jest za bardziej skuteczny.

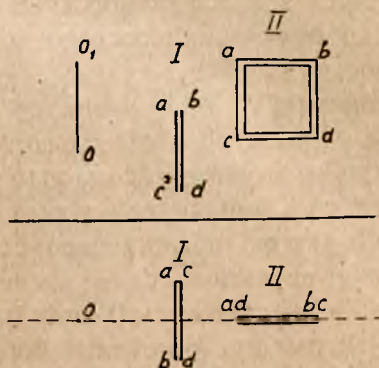
XIV. ODBIORCZE STACJE RAMOWE I RADJOTELE- GRAFJA KIERUNKOWA.

129. WIADOMOŚCI OGÓLNE. Pod nazwą **odbiorczej stacji ramowej** rozumiemy urządzenie odbiorcze (zarówno radjotelegraficzne jak i radjotelefoniczne) zaopatrzone w obwód zamknięty w kształcie cewki zamiast obwodu rozwartego, odgrywającego w zwykłych stacjach odbiorczych tę samą rolę. Uzwojenie zamkniętego obwodu odbiorczego stacji ramowej, jako zastępujące antenę w stacjach zwykłych, nosi powszechnie nazwę „**anten ramowej**“. W stosunku do zwyczajnych urządzeń odbiorczych, w których część zasadniczą stanowi musi antena (skąd wynika konieczność zaopatrywania stacji w maszty) oraz uziemienie (lub przeciwwaga) — odbiorcza stacja ramowa posiada szereg niezaprzeczonych i nader poważnych zalet. Przedewszystkiem, dzięki usunięciu anteny rozwartej, uziemienia (lub przeciwwagi) oraz szeregu urządzeń pomocniczych (jak maszty, przewody doprowadzające, izolatory i t. d.) — odbiorcza stacja ramowa jest znacznie tańszą w stosunku do stacji z obwodem rozwartym. Daje się ona przenosić z łatwością, ustawiać ją można pod dachem, w dowolnem miejscu i uruchomić w każdej chwili. Oprócz zalet wymienionych — stacja odbiorcza z anteną ramową posiada pewne właściwości, z punktu widzenia eksploatacji stacyj odbiorczych szczególnie cenne, a mianowicie: 1) antena ramowa odznacza się **działaniem kierunkowem**; 2) zjawiska elektrycz-

ne, zachodzące w atmosferze, w pracy stacji ramowej zaznaczają się bez porównania słabiej, niż w pracy stacji odbiorczej z anteną rozwartą.

Wadą natomiast anteny ramowej, w porównaniu z anteną rozwartą jest nieznaczna jej wysokość skuteczna, wskutek czego siła elektromotoryczna wzbudzona w niej przez fale elektromagnetyczne, jest znacznie słabsza, niż w odbiorczej antenie rozwartej oraz energia promieniowania jest znikoma. Wynika z tego, że odbiorcze stacje ramowe muszą posiadać znaczniejszy współczynnik wzmocnienia, a do stacyj nadawczych anteny ramowe nie nadają się zupełnie. Wyjątek pod tym względem, jak zauważymy dalej, stanowią ramowe stacje nadawcze krótkofalowe.

130. TEORJA DZIAŁANIA ANTENY RAMOWEJ. Postaramy się wyjaśnić, od jakich czynników zależy wielkość indukowanej siły elektromotorycznej, powstającej w obwodzie zamkniętym anteny ramowej pod wpływem pola elektromagnetycznego stacji nadawczej.



Rys. 180

Niech uzwojenie anteny ramowej, które przedstawimy w postaci pojedynczego zwoju **abcd** o kształcie kwadratowym (rys. 180), znajduje się w polu elektromagnetycznym anteny **oo₁** pewnej stacji nadawczej, umieszczonej w punkcie **O**, w znacznej odległości od anteny ramowej.

Pole elektromagnetyczne stacji nadawczej, przecinając obwód anteny ramowej, wywoła w jej uzwojeniu indukowaną siłę elektromotoryczną o częstotliwości drgań stacji nadawczej; wielkość siły elektromotorycznej zależy od natężenia pola elektromagnetycznego w punkcie umieszczenia ramy, jak również od wymiarów i położenia samej ramy. Jeśli uzwojenie ramy ustawimy w płaszczyźnie, prostopadłej do kierunku, w którym znajduje się stacja nadawcza (w pozycji I na pionowym i poziomym rzucie rys. 180)—to strumień magnetyczny, objęty przez zwoje ramy, równać się będzie zeru i nie wznieci wskutek tego siły elektromotorycznej w uzwojeniu ramy. Również do zera się sprowadzi działanie pola elektrycznego, gdyż będzie ono znosić się wzajemnie na pionowych bokach ramy, a nie zaznaczy się wcale na bokach poziomych, bowiem pole elektryczne w płaszczyznach poziomych posiada w każdej chwili jednakową wartość. Wynika stąd zatem, iż w pozycji I uzwojenia ramy, prostopadłej do kierunku posuwania się fali, indukowana siła elektromotoryczna w uzwojeniu ramy nie powstanie.

Ustawiamy teraz uzwojenie ramy w pozycji II, t. j. w płaszczyźnie pionowej i w kierunku posuwania się fali (zwój ramy i antena stacji nadawczej znajdują się we wspólnej płaszczyźnie pionowej). W tym wypadku zauważymy, że część pola magnetycznego stacji nadawczej jest przez uzwojenie ramy objęta, linje sił pola magnetycznego bowiem posiadają kształt pierścieni, przecinających zwoje ramy. Dzięki temu w uzwojeniu ramy powstanie pewna indukowana siła elektromotoryczna E , której wielkość, przy określonym natężeniu pola stacji nadawczej, zależy będzie od trzech czynników, a mianowicie od: 1) powierzchni zwoju ramy s ; 2) ilości zwojów ramy n ; 3) kąta α , jaki tworzy powierzchnia zwojów ramy z kierunkiem fali. Stąd

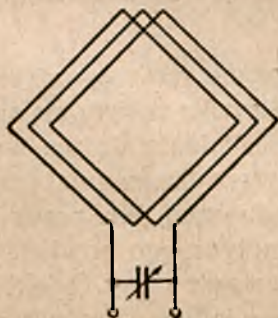
$$E = k n s \cos \alpha \quad (28)$$

gdzie k oznacza czynnik, zależny od natężenia pola stacji nadawczej w rozpatrywanym punkcie przestrzeni. Zatem siła

elektromotoryczna indukowana w uzwojeniu ramy, osiąga największą wartość wtedy, gdy powierzchnia zwojów ramy leży wzdłuż w kierunku anteny stacji nadawczej ($\alpha = 0^\circ$) i staje się równą zero, gdy zwoje ramy znajdują się w płaszczyźnie prostopadłej do poprzedniego kierunku ($\alpha = 90^\circ$).

131. BUDOWA STACJI RAMOWYCH. Uzwojenie odbiorczych anten ramowych składa się zwykle z kilkunastu lub kilkudziesięciu zwojów drutu, nawiniętego na szkieletie drewnianym, zwykle kwadratowym, o boku 1 — 2 m. Podstawa ramy posiada konstrukcję taką, iż szkielet wraz z uzwojeniem daje się z łatwością obracać naokoło swej osi pionowej i ustawiać w dowolnej płaszczyźnie pionowej — w celu odbierania sygnałów stacji nadawczej, leżącej w tym lub innym kierunku.

Uzwojenie ramy posiadać może kształt spirali płaskiej, której wszystkie zwoje leżą we wspólnej płaszczyźnie (uzwojenie płaskie) lub też linii śrubowej (uzwojenie pryzmatyczne. Jak w pierwszym, tak też i w drugim wy-



Rys. 181

padku uzwojenie ramy stanowi cewkę, a więc przewodnik elektryczny o pewnej indukcyjności własnej i posiadający pewną pojemność własną, spowodowaną przez sąsiedztwo zwojów. Zatem uzwojenie ramy rozpatrywać można, jako zamknięty obwód drgań. Zmieniając jeden z powyższych czynników (t. j. indukcyjność lub pojemność można ob-

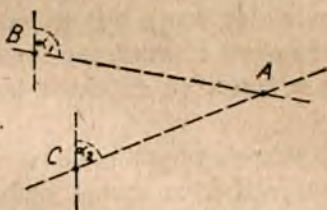
wód ramy nastroić do rezonansu względem fal odbieranych i tą drogą osiągnąć spotęgowanie ich działania w obwodzie. W tym celu do końców uzwojenia ramy dołącza się kondensator obrotowy (rys. 181); zmieniając jego pojemność — zmieniać jednocześnie będziemy **pojemność skuteczną** całego układu. Jeśli zaś chodzi o to, aby ramę można było nastrajać do rezonansu względem fal o bardzo rozmaitych długościach — to wypada też zmieniać nietylko pojemność, lecz i indukcyjność ramy, co uskutecznia się łatwo przez podzielenie uzwojenia ramy na szereg sekcji, których mniejszą lub większą ilość, zależnie od długości odbieranej fali, włącza się zapomocą specjalnego przełącznika. Dokładne nastrajanie i w tym wypadku osiąga się również zapomocą kondensatora obrotowego, przyłączonego do końców **czynnej części** uzwojenia ramy.

Aparaty odbiorcze, stosowane w stacjach ramowych, w zasadzie stanowią wielolampowe amplifikatory wielkiej częstotliwości i przyłączają się równolegle do kondensatora obrotowego ramy. Zrozumiałe, że detektor lampowy jest również konieczny.

Dzięki temu, iż prądy, powstające w uzwojeniu ramy, są naogół nadzwyczaj słabe, znacznie słabsze od prądów powstających w odbiorczych antenach rozwartych — jest tu niezbędne o wiele potężniejsze wzmacnianie odbieranych sygnałów, niż w zwykłych urządzeniach odbiorczych. Z drugiej strony jednak, kierunkowe właściwości anteny ramowej w znacznym stopniu pozwalają usunąć dźwięki stacyj obcych, a nieznaczne wymiary anteny ramowej oraz jej niskie wzniesienie nad powierzchnię ziemi niemal zupełnie usuwają szkodliwy wpływ zjawisk elektrycznych, zachodzących w atmosferze. To też potężne wzmacnianie odbieranych sygnałów nie pociąga w danym wypadku skutków niepożądanych, co częstokroć zachodzi w urządzeniach odbiorczych z anteną rozwartą.

132. RADJOTELEGRAFJA KIERUNKOWA. Obracając antenę ramową w taki sposób, aby w telefonie jej aparatu odbiorczego otrzymać **maximum** (względnie zanikanie czyli **mi-**

nimum) dźwięku sygnałów danej stacji nadawczej, można wyznaczyć kierunek, w którym znajduje się stacja nadawcza, z dosyć dużą dokładnością. W tym celu część ruchomą ramy zaopatrzyć należy w tarczę, podzieloną na 360° , ustawić tarczę na zero względem nieruchomej wskazówki wtedy, gdy płaszczyzna ramy znajduje się w kierunku południka geograficznego punktu i tarczę przymocować do ramy, jednocześnie z którą będzie się wtedy tarcza obracać. Kąty odczytywane na tarczy podczas zanikania sygnałów dadzą możliwość wyznaczenia kierunku stacji nadawczej. Jeśli kierunek jednej i tej samej stacji nadawczej **A** wyznaczymy zapomocą dwu stacji odbiorczych, umieszczonych w dostatecznie od siebie oddalonych punktach **B** i **C** (rys. 182) — to przecięcie linii **BA** i **CA** na mapie określi dokładnie położenie punktu **A**, w którym się znajduje odbierana stacja nadawcza.



Rys. 182

Radjotelegrafia kierunkowa czyli t. zw. **radjogoniometria**, znajduje wdzieczne zastosowanie praktyczne w wywiadowczej służbie wojskowej, w kartografii (gdy chodzi o wyznaczenie położenia geograficznego danego punktu), w żegludze morskiej (znajdujący się w niebezpieczeństwie statek wysyła swe sygnały; stacje ratunkowe zapomocą odbiorczych urządzeń kierunkowych określają punkt, w którym się statek znajduje i udzielają mu pomocy), oraz w orjentowaniu kierunku lotu samolotu.

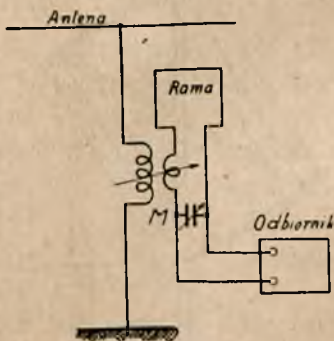
Oprócz odbiorczych stacyj ramowych istnieją też inne systemy odbierania kierunkowego, dziś jednak dzięki większej pod każdym względem niemal dogodności do tego celu stacyj

ramowych — systemy te są w mniejszym użyciu, jakkolwiek trzeba zaznaczyć, że ich dokładność jest większa.

Również szerszego zastosowania praktycznego nie osiągnęły dotychczas **kierunkowe stacje nadawcze**, opierające się w swem działaniu przeważnie na właściwościach kierunkowych niektórych kształtów anten rozwartych, a w szczególności — niesymetrycznej płaskiej anteny — (anteny L, która promieniuje najsilniej w kierunku przyłączenia przewodów doprowadzających).

133. **DWUKIERUNKOWOŚĆ ANTENY RAMOWEJ.** Po ustawieniu anteny stacji radiogoniometrycznej w kierunku stacji nadawczej, zachodzi niepewność, czy stacja nadawcza znajduje się po lewej czy po prawej stronie od płaszczyzny uzwojeń rama, ustawionej na zanik dźwięku w słuchawce. Objaw ten nazywamy **dwukierunkowością** anteny ramowej.

Dwukierunkowość usunąć się daje przez zastosowanie w stacjach radiogoniometrycznych małej anteny rozwartej symetrycznej np. anteny T-owej (rys. 183), sprzężonej indukcyjnie



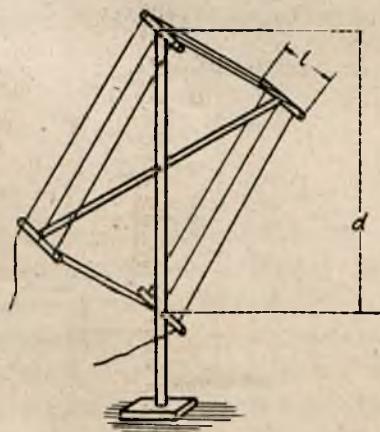
Rys. 183

z anteną ramową za pomocą 2—3 zwojów włączonych do obwodu anteny ramowej. Stopień sprzężenia **M** jest tak dobrany, by prąd indukowany w ramie przez antenę, był równy co do amplitudy prądowi wytworzonemu w ramie bezpośrednio przez pole elektromagnetyczne.

Przy pewnem położeniu ramy, te dwa prądy zsumują się na prąd dwukrotnie większy, niż gdyby anteny nie było, wskutek czego dźwięk w słuchawce będzie silniejszy. Po obrocie jednak ramy o 180° , prądy te w każdej chwili będą przebiegały w ramie w kierunkach przeciwnych, będą więc one przeciwdziałały sobie, a w rezultacie w słuchawce otrzymamy zanik dźwięku. Przez dobranie więc tylko odpowiedniego sprzężenia między cewkami anteny i ramy i ustawienie ramy na zanik dźwięku, dwukierunkowość zostaje usunięta.

Zadanie anteny rozwartej może również spełnić sama antena ramowa. W tym celu uziemia się jeden koniec uzwojeń ramy za pośrednictwem dodatkowego kondensatora lub cewki indukcyjnej. Rama taka spełnia więc podwójne zadanie, anteny ramowej i anteny rozwartej, współpraca których jest identyczną z opisaną powyżej.

134. KONSTRUKCJA ANTENY RAMOWEJ. Zasada przy budowie anteny ramowej, jest nadanie jej możliwie największ-



Rys. 184

szvch wymiarów, by osiągnąć możliwie największą skuteczność, to też szkielet ramy powinien posiadać dużą średnicę zewnętrzną, a poszczególne zwoje powinny być jaknajbardziej

od siebie oddalone. Szkielet ramy, najczęściej drewniany, przeważnie posiada kształt czworokątny (rys. 184). Na szkielecie nawinięte są, w równych odstępach od siebie, zwoje z grubego drutu w izolacji, lub gołego, odizolowanego.

Ilość zwojów ramy musi odpowiadać długości fali przewidzianej. By obliczyć ilość zwojów, musimy wiedzieć przede wszystkim, jaką powinna być indukcyjność ramy, gdy znana nam jest pojemność kondensatora, który ma być połączony z ramą, dla odbioru pożądanego zakresu fal. Wartość liczbową indukcyjności ramy znajdziemy ze wzoru Thomsona. Chcąc teraz wiedzieć, ile zwojów nawinać trzeba na szkielet ramy, by otrzymać pożądaną indukcyjność, przy danych wymiarach szkieletu, stosujemy następujący wzór (przybliżony):

$$n = \frac{\sqrt{L(4d + 11l)}}{9,1d} \quad (29)$$

gdzie n oznacza ilość zwojów L —indukcyjność ramy w cm, d — przekątną zwoju kwadratowego w cm., l —odległość między skrajnemi zwojami w cm.

Mamy np. szkielet o wymiarach $d = 120$ cm, $l = 30$ cm, oraz rozporządzamy kondensatorem obrotowym o maksymalnej pojemności 500 cm. Rama ma służyć do odbioru fal o długości maksymalnej 1200 m (120.000 cm). Ze wzoru Thomsona wynika, że indukcyjność ramy powinna wynosić:

$$L = \frac{\lambda^2}{4\pi^2 C} = \frac{120000^2}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 500} \approx 720.000 \text{ cm L}$$

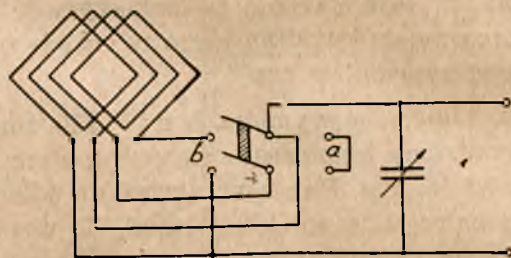
a odpowiadająca tej indukcyjności, ilość zwojów ramy (według wzoru 29):

$$n = \frac{\sqrt{720.000(4 \cdot 120 + 11 \cdot 30)}}{9,1 \cdot 120} = 13 \text{ zwojów}$$

Uwzględniając pojemność początkową kondensatora obrotowego, wynoszącą w kondensatorach zwykłych około $\frac{1}{10}$ pojemności maksymalnej, ze wzoru Thomsona wynika, że naj-

krótsza fala odbierana przez ramę będzie około 3 razy mniejszą od fali maksymalnej, w naszym przykładzie więc, zapomocą tej ramy odbierać będzie można stacje nadające na długościach fal zawartych w granicach od 400 do 1200 metrów.

135. ŁĄCZENIE ZWOJÓW ANTENY RAMOWEJ. Każda antena ramowa przy danym kondensatorze obrotowym, służy więc do odbioru tylko pewnego zakresu fal. Chcąc teraz dostosować daną ramę do fal krótszych, należałoby wyłączyć pewną ilość zwojów od całości, lecz w tym wypadku te zwoje niewykorzystane pobierają pewną ilość energii użytecznej, powstają więc zbędne straty energii. Celem uniknięcia tego, przecina się zwykle zwój środkowy i w ten sposób powstałe dwa końce „wewnętrzne“ wraz z końcami „zewnętrzными“ uzwojeń doprowadza się do przełącznika dwubiegunowego (rys. 185), zapomocą którego obie części uzwojeń mogą być połą-



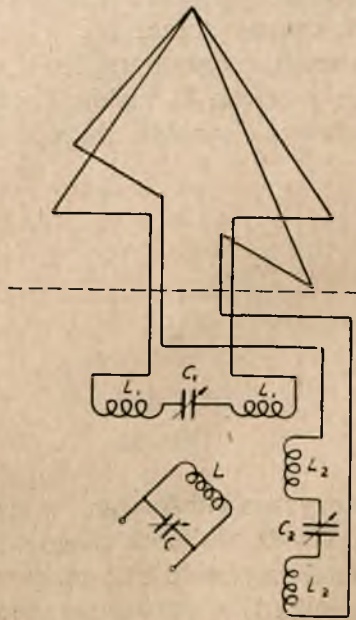
Rys. 185

zione zwykle — szeregowo (położenie „a“ dźwigni ruchomej przełącznika), lub równoległe (położenie „b“).

W ten sposób zawsze wszystkie zwoje ramy są wykorzystane, wobec czego unika się strat energii. Przy połączeniu równoległym uzwojeń, indukcyjność ramy jest czterokrotnie mniejszą, niż przy połączeniu szeregowym (zwykłym), czyli, jak wynika ze wzoru Thomsona, długość fali ramy staje się o połowę mniejszą. Stosując to więc do ramy obliczonej w p. 134, rama ta, przy połączeniu równoległym obu połówek

uzwojeń, przewidziana jest do odbioru stacyj nadających na falach zawartych w granicach od 200 do 600 m, a przy połączeniu szeregowem — od 400 do 1200 m.

136. RADJOGONIOMETR BELLINI'EGO. Wraz ze zwiększeniem rozmiarów anteny ramowej, zwiększa się również siła elektromotoryczna w niej indukowana; dlatego też większe stałe stacje radjogoniometryczne posiadają ramy o dużej średnicy, wraz ze zwiększaniem się której komplikuje się jednak bardziej mechanizm obracający ramę dokoła jej osi pionowej, zwłaszcza jeśli rama znajduje się na zewnątrz budynku stacyjnego.

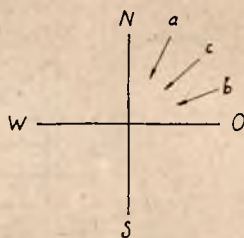


Rys. 186

Niedogodności tej nie posiada **radjogoniometr Bellini'ego**, złożony z dwóch dużych anten ramowych (zwykle w kształcie trójkąta), umieszczonych na zewnątrz budynku stacyjnego, o płaszczyznach ustawionych względem siebie pod kątem prostym (rys. 186) i nieruchomych względem wspólnej osi pionowej.

wej. Płaszczyzna uzwojenia jednej ramy ustawiona jest stale w kierunku z północy na południe, a drugiej z zachodu na wschód. Końce obu ram są doprowadzone przewodnikami do wnętrza budynku stacyjnego, gdzie połączone są z cewkami L_1 i L_2 oraz z kondensatorami obrotowymi C_1 i C_2 służącymi do strojenia obu ram na długość fali odbieranej. Cewki L_1 i L_2 są nieruchome i ustawione stale do siebie pod kątem prostym. Obydwie te cewki są sprzężone indukcyjnie z cewką L , wchodzącą w skład (strojonego do rezonansu z ramami) obwodu drgań LC, załączonego do odbiornika jak zwykła antena ramowa. Cewka L jest ruchomą dokoła osi względem cewek L_1 i L_2 , wskutek czego sprzężenie jej z temi cewkami jest zmienne w ten sposób, że gdy sprzężenie jej z cewką L_1 wzrasta, to sprzężenie z cewką L_2 maleje i naodwrot.

Jeśli stacja nadawcza znajduje się w kierunku a (rys. 187).



Rys. 187

to siła elektromotoryczna indukowana w ramie N—S jest większą, niż w ramie W—O, wskutek czego cewka L_1 ramy N—S działać będzie silniej na obwód LC, niż cewka L_2 ramy W—O. Obracając więc cewkę L w prawo, sprzęgamy ją coraz słabiej z cewką L_1 , silniej natomiast z cewką L_2 , aż w pewnym położeniu cewki L sprzężenia te staną się takimi, że prądy indukowane przez obie ramy w obwodzie LC będą równe, lecz płynące w przeciwnych kierunkach (cewka L_1 jest nawinięta w przeciwnym kierunku niż cewka L_2), wskutek czego w odbiorniku otrzymamy zanik dźwięku, a odchylenie osi podłużnej cylindra cewki L wskaże nam kierunek stacji nadawczej.

W podobny sposób dojdziemy, że jeśli stacja nadawcza znajduje się w kierunku **b**, to cewkę **L** obrócić trzeba w lewo; jeśli stacja nadawcza znajduje się w kierunku **c**, to cewka **L** zajmie położenie pośrednie między cewkami **L₁** i **L₂**; gdy stacja nadawcza jest na południu lub północy, siła elektromotoryczna będzie indukowaną tylko w ramie **N—S**, aby więc otrzymać zanik dźwięku, stopień sprzężenia między cewkami **L** i **L₁** powinien wynosić zero, czyli cewka **L** winna przyjąć położenie prostopadłe do cewki **L₁**; gdy stacja nadawcza jest na wschodzie lub zachodzie, by otrzymać zanik dźwięku, cewka **L** powinna być prostopadłą do cewki **L₂** (równoległą do cewki **L₁**).

XV. RADJOTECHNIKA KRÓTKOFALOWA.

137. WIADOMOŚCI OGÓLNE. W ostatnich czasach coraz częściej spotyka się w praktyce radiowej fale krótkie o długości kilku do kilkudziesięciu metrów. Ze względu na nadzwyczajne zalety urządzeń krótkofalowych, wynikające z bardzo dużej częstotliwości odpowiadającej tym falom, stacje krótkofalowe zaczynają mieć zastosowanie wszechstronne. Podkreślić tu należy, że dużo zasług nad rozwojem krótkofalowości położyli radioamatorzy krótkofalowcy.

Urządzenia krótkofalowe tak nadawcze, jak i odbiorcze są mniej skomplikowane niż urządzenia długofalowe, a wskutek tego i znacznie tańsze od tych ostatnich, korzystać więc z nich mogą nie tylko instytucje państwowe, czy też prywatne, lecz również poszczególne jednostki, jako t. zw. radioamatorzy krótkofalowcy.

Stacje krótkofalowe nadawcze, schemat których zasadniczo nie różni się niczem od zwykłych stacyj nadawczych długofalowych, wymagają do swego uruchomienia stosunkowo bardzo małej energii elektrycznej, pomimo tego, że zasięg ich jest daleko większy. Stąd też wynika ekonomiczność cechująca stacje nadawcze krótkofalowe.

Inne pierwszorzędnej wagi własności urządzeń krótkofalowych, omówione poniżej, wynikają z bardzo wielkiej częstotliwości prądów, odpowiadającej tym falom.

138. KIERUNKOWOŚĆ FAL KRÓTKICH. Własność ta nie wynika z istoty fal krótkich, lecz z łatwości z jaką mogą być one skierowane w dowolnym kierunku. W zasadzie falami długimi można byłoby również dowolnie kierować zapomocą t. zw. **ekranów** t. j. dużych płyt metalowych lub siatek z gólego drutu, zbudowanych w formie parabolicznej (rys. 188)



Rys. 188

w ognisku których umieszcza się antenę stacji nadawczej. Lecz by osiągnąć pożądaný skutek, t. j. by cała energia elektromagnetyczna odbiła się od ekranu w kierunku osi paraboli tworzącej ekran, wymiary ekranu muszą być rzędu długości fali. Trudno więc sobie wyobrazić taki ekran np. dla fali o długości 1000 m. tak często w praktyce stosowanej (wymiary ekranu rzędu 1 km), gdy tymczasem np. dla fali o długości 20 m., konstrukcja ekranu jest zupełnie możliwą i nie kosztowną.

Oprócz ekranów, do nadawania kierunku rozchodzenia się fal krótkich, stosowane są również **zasłony antenowe**, będące wiernymi kopjami złożonych anten nadawczych, różniące się od nich jedynie tem, że nie są połączone z generatorem. Zasłonę antenową umieszcza się zawsze po stronie przeciwnej kierunkowi, w którym fale mają się rozchodzić, — w odległości od anteny nadawczej rzędu połowy długości fali.

139. ROZCHODZENIE SIĘ I ZASIĘG FAL KRÓTKICH. Wbrew aktualnym dotychczas wzorom, stosowanym przy obliczaniu zasięgu (wzór Austin'a) praktyka wykazuje, że zasięg

fal krótkich jest bez porównania większy niż fal długich przy tej samej mocy generatora. Zjawisko to, najzupełniej sprzeczne z praktyką długofalową, polega na promieniowaniu anten nadawczych w górę pod pewnym kątem od powierzchni ziemi. Fale krótkie przyziemne, t. j. rozchodzące się wzdłuż powierzchni ziemi, w odległości kilkudziesięciu kilometrów od stacji nadawczej zostają przez ziemię całkowicie absorbowane, tak, że na średnie już odległości, na stacje odbiorcze działają jedynie fale odbite od warstwy Heaviside'a. Fale długie rozchodzą się wzdłuż powierzchni ziemi, ewentualnie odchylają się od niej pod niewielkim bardzo kątem, dlatego też silnie są absorbowane przez ziemię, fale krótkie natomiast, rozchodząc się pod dużym kątem od ziemi, podlegają mniejszym stratom, wskutek czego zasięg ich jest większy.

Kąt promieniowania anteny krótkofalowej od powierzchni ziemi zależy od stosunku długości fali promieniowanej do długości fali własnej anteny. Im stosunek ten jest mniejszy, czyli im dłuższą jest fala własna anteny od fali promieniowanej, tem bardziej w górę antena będzie promieniowała. Np. antena o fali własnej trzykrotnie dłuższej od fali promieniowanej, promieniować będzie pod kątem 45° od powierzchni ziemi.

Ta własność wybitniejszego promieniowania anten nadawczych w górę niż wzdłuż powierzchni ziemi, jest powodem powstawania stref martwych, znanych już nam z rozdz. IV. Strefy martwe występują bardzo wyraźnie przy radiokomunikacji krótkofalowej i są tem szersze i bliższe anteny nadawczej, im krótsze są fale.

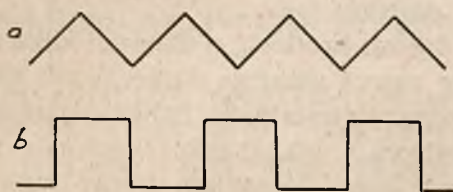
Cechą charakterystyczną rozchodzenia się fal krótkich, jest znane nam również zjawisko fading'u, objawiające się zanikaniem odbioru. Zanikanie to jest tem bardziej częste i tem bardziej krótkotrwałe, im krótszą jest fala.

140. ANTENY KRÓTKOFALOWE. Najczęściej stosowaną w praktyce anteną krótkofalową, jest antena prostolinijna pionowa, czasem pozioma. Rozmiary tych anten są niewielkie — około kilku metrów. Anteny krótkofalowe poziome zawieszane

są bez porównania bliżej ziemi niż anteny długofalowe; stąd też wynika łatwość konstrukcji anten krótkofalowych, nie wymagających tak skomplikowanych masztów, jak anteny długofalowe.

Oporność promieniowania anten krótkofalowych, będąca miarą ich zdolności promieniowania, jest znacznie większą, dlatego też promieniają one silniej.

Oprócz anten prostolinijnych, stosowane są również często anteny w kształcie linii łamanych (rys. 189), zwłaszcza w tych



Rys. 189

wypadkach, gdy chodzi o kierunkowość promieniowania anten. Większość systemów kierunkowych posiadają właśnie tego rodzaju anteny oraz identyczne zasłony.

Ponieważ wysokość skuteczna anteny ramowej, oraz zależna od niej zdolność promieniowania, jest odwrotnie proporcjonalna do długości fali, ramy krótkofalowe posiadają więc bardzo dużą wysokość skuteczną, wobec czego nadają się w zupełności jako krótkofalowe anteny nadawcze, mające własności kierunkowe. Dla fal długich jak wiemy, zdolność promieniowania anten ramowych jest znikoma.

141. SELEKTYWNOŚĆ. Jedną z ważniejszych własności fal krótkich, poza kierunkowością, jest bardzo duża selektywność przy ich odbiorze i tem większa, im krótszą jest fala. Dla porównania podajemy, że dla zakresu fal od 300 m. do 3000 m. teoretycznie nadawać może równocześnie 225 stacyj nadawczych bez wzajemnego przeszkadzania sobie przy ich odbiorze, gdy tymczasem dla zakresu fal od 3 m. do 30 m., stacyj tych może być aż 22500. Praktycznie ilości te będą cokolwiek mniejsze.

W odbiornikach reakcyjnych selektywność znacznie się zwiększa.

Selektywność ta ma jednak również swą stronę ujemną, a jest nią trudność nastrojenia stacji odbiorczej na żadaną długość fali, gdyż przy najmniejszym poruszeniu przyrządu regulującego długość fali odbiornika (kondensatora, warjometru), chociaż liczbowo długość fali zmienia się nieznacznie, lecz procentowo bardzo dużo, wskutek czego może znacznie odbiec od długości fali stacji nadawczej. Trudność ta zwiększa się ze zmniejszaniem długości fali.

Przy falach bardzo krótkich, o długości kilku metrów, zwykle najmniejsze nawet wahania żarzenia lub napięcia anodowego, spowodowane niestałością źródeł napięcia, mogą zupełnie rozstroić odbiornik, tak, iż odbiór staje się czasem niemożliwym. Odpowiedniem dobraniem źródeł napięć i pierwszorzędnej jakości części składowych odbiornika, niedogodność tę można do pewnego stopnia złagodzić. Wskazaniem jest również stosowanie kondensatorów obrotowych z precyzerami, tak, by przy obracaniu tarczy kondensatora, jego płytki obracały się bardzo wolno.

142. UJEMNE WŁASNOŚCI FAL KRÓTKICH. Pomimo omówionych wyżej zalet fal krótkich, posiadają one również swoje wady, utrudniające znacznie konstrukcję stacyj krótkofalowych. Jedną z nich — niestałość długości fali, objawiającą się z tych samych powodów nie tylko w odbiornikach, lecz i w nadajnikach, poznaliśmy w paragrafie poprzednim. Inna — objawiająca się w odbiornikach, spowodowana jest oddziaływaniem na siebie poszczególnych części składowych odbiornika, a nawet przewodników łączących te części. Poszczególne przewodniki zachowują się względem siebie jak płytki kondensatorów o pojemności bardzo małej, przedstawiającej dla prądów bardzo wielkiej częstotliwości oporność pojemnościową niewielką. Np. doprowadzenia do elektrod zwykłej lampy odbiorczej, dla prądów odpowiadających falom długim przedstawiają oporność pojemnościową kilkuset tysięcy omów gdy tymczasem dla prądu odpowiadającego fali

50-metrowej oporność ta wynosi około 3000 omów, a dla prądu odpowiadającego fali 2-metrowej — tylko około 100 omów. Jest to równoznaczne z tem, jak gdyby wtyczki lampy były ze sobą połączone oporem 100 omowym. To też prąd szybkozmienny obierając drogę mniejszego oporu, przechodzić będzie nie przez lampę, oporność której jest duża, lecz przez tę pojemność między wtyczkami, w rezultacie czego lampa staje się nieczynną i wszelki odbiór jest uniemożliwiony, gdyż prąd przebiega innemi drogami (między wtyczkami, zaciskami, przewodnikami), niż to jest potrzebne dla normalnego działania odbiornika.

Powstają więc olbrzymie nieraz straty energii, tem większe, im krótszą jest fala. Unika się do pewnego stopnia tych strat przez starane wykonanie odbiornika, należyte rozmieszczenie poszczególnych części składowych, tak, by na siebie niepotrzebnie nie oddziaływały, przez oddalenie od siebie poszczególnych przewodników łączących części składowe odbiornika, wreszcie przez stosowanie specjalnych lamp, posiadających doprowadzenia do elektrod możliwie najdalej odsunięte od siebie. Typ lamp odbiorczych o wyglądzie zewnętrznym zbliżonym do wskazanego na rys. 152 jest najczęściej stosowanym.

Podobna pojemność szkodliwa wytwarza się również przy zbliżaniu ręki do odbiornika, wskutek czego odbiornik rozstraja się; dlatego też kondensatory obrotowe uruchamia się zapomocą długich prętów ebonitowych, by ręki zbytnio do odbiornika nie zbliżać.

Znaczne straty powstają również w dielektrykach i izolacjach, wreszcie wskutek **naskórkowości** t. j. dążności przepływania prądów szybkozmiennych po powierzchni przewodnika oraz wskutek **prądów wirowych Foucault'a** indukowanych we wszelkiego rodzaju przewodnikach, znajdujących się w pobliżu.

Aby straty powyższe zredukować do minimum, trzeba:

1) poszczególne części aparatów krótkofalowych łączyć za pomocą przewodników gołych, możliwie najkrótszych,

2) stosować cewki wyłącznie cylindryczne z gołego drutu,
3) lampy umieszczać w specjalnych podstawkach, posiadających możliwie najmniejszą pojemność między gniaздkami, lub

4) stosować lampy specjalnie przewidziane dla stacyj krótkofalowych, t. j. o małej pojemności wejściowej,

5) unikać wilgoci w aparatach, oraz umieszczać aparaty w pomieszczeniach suchych,

6) umieszczać aparaty zdala od wszelkich przedmiotów metalowych i od ścian.

7) stosować kondensatory wyłącznie z dielektrykiem powietrznym,

8) wszelkie części izolujące winny być zredukowane do minimum i wykonane tylko z kwarcu, ebonitu i miki. Inne materiały izolacyjne, jak papier, celuloid i t. p. są niewskazane.

Ostrożności te powinny być zachowane tak w stacjach odbiorczych, jak i w nadawczych.

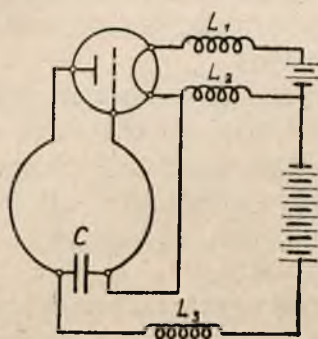
143. GENERATORY KRÓTKOFALOWE. Zastosowanie tego lub innego typu generatora krótkofalowego, zależy od długości fali, jaką generator ma wytwarzać.

Większość stacyj krótkofalowych stosowanych w praktyce dla komunikacji, posługuje się falami od 10 m. wzwyż. Stacje te w większości wypadków zbudowane są według układu generacyjnego Hartley'a, w którym rolę kondensatora obwodu drgań zastępuje pojemność wewnętrzna lampy; długość fali takiego generatora reguluje się przez włączenie większej lub mniejszej ilości zwojów cewki wspólnej obwodu anodowego, siatki i anteny.

Zapomocą układu symetrycznego Mesny'ego wytwarzać można fale od 1 metra wzwyż. W generatorze tym, podobnie jak w poprzednim, kondensator obwodu drgań jest zbędnym przy wytwarzaniu fal o długości kilka do kilkunastu metrów.

Dla wytwarzania fal najkrótszych, od 1,5 do 3 m. stosowany jest układ Gutton'a, pokrewny układowi Hartley'a, w którym

siatka i anoda są połączone zapomocą przewodnika gołego (rys. 190). Przewodnik ten, posiadający pewną indukcyjność, spełnia zadanie cewki indukcyjnej, a pojemność wewnętrzna lampy — rolę kondensatora. Cewki L_1 , L_2 i L_3 mają na celu niedopuszczenie prądów szybkozmiennych do obwodów niewłaściwych i zlokalizowanie ich jedynie w obwodzie drgań, utworzonym przez przewodnik i pojemność wewnętrzną lampy.



Rys. 190

Dotychczas nie udało się uzyskać fal najkrótszych o długości metra o dostatecznie dużej energii, potrzebnej dla radiokomunikacji, dlatego też generatory tych fal znajdują się jeszcze w stadium badań laboratoryjnych. Najczęściej spotykany w komunikacji krótkofalowej zakres fal wynosi od 25 do 50 metrów.

144. ODBIORNIKI KRÓTKOFALOWE. Wszystkie układy odbiorcze o schemacie zasadniczym, ze względu na trudność konstrukcyjnego dostosowania ich dla fal krótkich, na małą ich czułość i na tendencję wytwarzania szkodliwych drgań własnych, — zastosowania do odbioru fal krótkich mieć nie mogą. Trzy systemy odbiorników krótkofalowych są obecnie w użyciu, a mianowicie odbiorniki reakcyjne (autodyna), superheterodyna i superreakcja.

Ze względu na różne własności, każdy z tych odbiorników ma zastosowanie w innym wypadku, zależnie od rodzaju fal

(ciągłe lub modulowane) i charakteru stacji odbiorczej (stacja stała lub ruchoma np. lotnicza).

Gdy chodzi o odbiór fal ciągłych przez stację stałą, najbardziej wskazanym pod względem czułości jest odbiornik reakcyjny (autodyna). Jednakże dla fal krótszych od 20 m. czułość ta jest zbyt wielką, tak, iż trudno jest utrzymać stałość częstotliwości dudnienia w granicach częstotliwości akustycznych, z tego też względu dla fal krótszych od 20 m. bardziej wskazanym jest odbiornik superreakcyjny, czułość którego jest znacznie mniejsza niż autodyny.

Najodpowiedniejszym odbiornikiem fal modulowanych, w wypadku gdy stacja odbiorcza ma charakter stały, jest superheterodyna, autodyna daje natomiast najgorsze rezultaty. Wydajność superheterodyny jednakże zmniejsza się wraz ze zmniejszaniem długości fali, dlatego też dla fal najkrótszych wskazana jest superreakcja.

W stacjach krótkofalowych ruchomych, jak np. na płatowcach, samochodach i t. p., na których regulacja jest utrudniona, jedynie dobre wyniki daje superreakcja, z powodu stosunkowo małej czułości, nie wymagająca zbyt dokładnej regulacji. Superreakcja jest co prawda mało selektywną, jednakże z powodu stałości regulacji, w tym wypadku ma ona przewagę nad innymi układami, tak przy odbiorze fal ciągłych, jak i modulowanych.

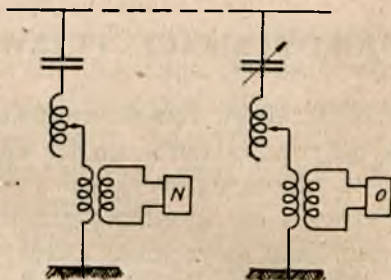
XVI. RADJOKOMUNIKACJA PRZEWODOWA.

145. ZASADA DZIAŁANIA. Zasada radjokomunikacji przewodowej polega na rozchodzeniu się fal elektromagnetycznych, wytwarzanych zapomocą zwykłych i znanych nam sposobów, wzdłuż drutów, a nie w wolnej przestrzeni, jak to zachodzi w radjokomunikacji zwyczajnej. Dzięki temu, zapomocą stacji nadawczej o bardzo małej mocy osiągnąć można komunikację na poważnych odległościach.

Współczesne stacje nadawcze radjotelegrafów (i radjotelefonów) przewodowych w zasadzie stanowią generator fal miganących o małej mocy, zazwyczaj w postaci lampy katodowej w układzie generatorowym, nie różniący się naogół od tego rodzaju aparatów zwyczajnych. Prądy szybkozmienne, wytworzone przez aparat nadawczy N (rys. 191), zapomocą cewek sprzęgających zostają przeniesione do linii L, łączącej stację nadawczą z odbiorczą, i ujawniane w odpowiednio nastrojonej stacji odbiorczej (zapomocą aparatu odbiorczego O) w postaci znaków dźwiękowych Morse'a, lub dźwięków mowy, w telefonie.

146. PRZEWODY. Jakkolwiek przewodowa radjokomunikacja wymaga połączenia komunikujących się punktów zapomocą linii przewodzącej — nie znaczy to jednak, aby linje te musiały być specjalnie budowane do tego celu. Przeciwnie, główna zaleta radjotelegrafji (radjotelefonji) przewodowej po-

lega na tem, iż wyzyskuje ona istniejące linie telefoniczne, telegraficzne, sygnalizacyjne i wogóle wszelkiego rodzaju linie elektryczne, nie wyłączając linii napowietrznych wysokiego napięcia i przewodów tramwajowych. Zużytkowanie podobnych linii do radjokomunikacji przewodowej nie wpływa w najmniejszym stopniu na normalną ich pracę, jak również praca ta nie zakłóca bynajmniej odbywającej się jednocześnie komunikacji radjotelegraficznej (radjotelefonicznej) przewodowej.



Rys. 191

147. ZASTOSOWANIE RADJOTELEGRAFJI (RADJOTELEFONJI) PRZEWODOWEJ. Zaznaczyliśmy już, że aparat odbiorczy reaguje na sygnały stacji nadawczej tylko wtedy, gdy jest dokładnie nastrojony do rezonansu względem stacji nadawczej.

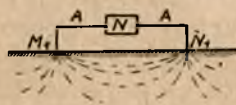
Okoliczność ta, umożliwiając stosowanie na pojedynczej linii wielu par niezależnych aparatów, stanowi poniekąd rozwiązanie zagadnienia telegrafji i telefonji wielokrotnej. W istocie, jeśli każda para aparatów pracuje na fali innej długości, a różnice między długościami zastosowanych fal są dostatecznie duże — prowadzone jednocześnie rozmowy nie będą sobie nawzajem przeszkadzać. To też dziś w nader szybkim tempie rozpowszechnia się stosowanie aparatów radjotelegraficznych (radjotelefonicznych) przewodowych w międzymiastowych połączeniach telegraficznych (telefonicznych), w kolejnictwie, gdzie wykorzystywane są do tego celu istniejące linie telefo-

niczne i telegraficzne, oraz w połączeniach wielkich elektrowni okręgowych ze stacjami rozdzielczymi (transformatorowemi). W ostatnim wypadku komunikacja odbywa się zapomocą linii, przeznaczonych do przenoszenia energii elektrycznej.

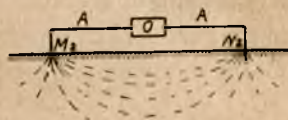
148. APARATY. Używane do celów powyższych aparaty nadawczo-odbiorcze, jakkolwiek w budowie swej nieco skomplikowane, są jednak już o tyle doskonałe, że nieomal żadnej nie wymagają obsługi, oprócz zamiany lamp katodowych i ładowania akumulatorów. Ostatnie zresztą wymaga jedynie przesunięcia odpowiedniego przełącznika, odbywając się poza tem automatycznie. Uruchomienie stacji nadawczej nie jest bardziej skomplikowane, niż w zwykłym współczesnym aparacie telefonicznym: ogranicza się ono również do zdjęcia słuchawki z haczyka aparatu, co powoduje sygnał dzwonek na odnośnej stacji odbiorczej.

XVII. TELEGRAFJA ZIEMNA.

149. WIADOMOŚCI OGÓLNE. Specjalny rodzaj komunikacji telegraficznej bez pomocy drutu stanowi t. zw. **telegrafia ziemna**, polegająca na zastosowaniu prądów nie szybkozmiennych, lecz o małej stosunkowo częstotliwości, wynoszącej kilkaset okresów na sekundę (częstotliwość akustyczna). Tego rodzaju komunikacji używa się przeważnie i niemal wyłącznie tylko w wojskowej technice telegraficznej, gdy chodzi o utrzymanie łączności na nieznacznych odległościach (kilka kilometrów) pod ogniem nieprzyjaciela, a łączność drutowa nie daje się uskuteczyć. Stacja nadawcza telegrafu ziemnego w charakterze zasadniczej części składowej posiada aparat brzęczykowy N (rys. 192), zasilany zapomocą akumulatora



Rys. 192



Rys. 193

o niskim napięciu. Z chwilą naciskania klucza Morse'a, umieszczonego przy aparacie, wytwarzany przez aparat brzęczykowy prąd zmienny popłynie po obwodzie zamkniętym, utworzonym przez antenę AA (o uziemionych końcach M_1 i N_1 i ziemię. Stacja odbiorcza (rys. 193) posiada aparat odbiorczy O z amplifikatorem, włączonym do anteny AA uziemionej w podobny sposób, a dzięki dobremu uziemieniu końców M_2 i N_2 stanowiącej wraz z ziemią również zamknięty obwód odbiorczy. Obydwie anteny—nadawcza i odbiorcza —

powinny być względem siebie ustawione równolegle. Sygnały, nadawane zapomocą klucza Morse'a, dają się z dostateczną siłą słyszeć w telefonie stacji odbiorczej.

Anteny stacyj telegrafu ziemnego stanowią zwykle drut izolowany, układany bezpośrednio na ziemi i na końcach uziemiany zapomocą długich kołków żelaznych, wbijanych do ziemi. Długość anteny nadawczej wynosi 50 m., anteny odbiorczej — około 80 — 100 m.

150. ZASADA DZIAŁANIA. Działanie opisanego wyżej systemu telegrafu ziemnego polega przede wszystkim na zjawiskach indukcji; gdy w obwodzie zamkniętym stacji nadawczej brzęczyk wywoła prąd zmienny — w równoległym umieszczonym obwodzie zamkniętym stacji odbiorczej powsta-



Rys. 194

je słaby prąd indukowany o tej samej częstotliwości. Wzmacniając prąd ten zapomocą amplifikatora — ujawniamy go w postaci dźwięku w telefonie odbiorczym. W zasadzie zatem działanie telegrafu ziemnego tłumaczy się zjawiskami indukcji, opisanymi w p. 6. Wypada jednak zaznaczyć, iż częściowo działanie to polegać musi na odgałęzianiu się prądów stacji nadawczej przez ziemię do obwodu zamkniętego stacji odbiorczej (rys. 194). Teoria jednak poucza, a praktyka stwierdza, iż zjawiska indukcji odgrywają w opisanym procesie o wiele poważniejszą rolę, niż prądy odgałęzione przez ziemię. Zależy to zresztą od przewodnictwa ziemi i w pewnych warunkach rola drugiego czynnika może się stać przeważającą.

Przy pomocy opisanego systemu telegrafu ziemnego porozumiewać się można jedynie na nieznaczne odległości, wynoszące normalnie około 2 km.

XVIII. INNE ZASTOSOWANIA FAL ELEKTROMAGNETYCZNYCH.

151. RADJOTELEMECHANIKA. Oprócz znanego wszystkim przekazywania dźwięków i nawiązywania łączności telegraficznej i telefonicznej zapomocą fal elektromagnetycznych, mogą one być pomocne również w innych wypadkach, a mianowicie do przekazywania na odległość rysunków, do przekazywania wrażeń optycznych, a wreszcie do przekazywania na odległość energii mechanicznej. Ten ostatni dział radjotechniki nosi nazwę **radjotelemechaniki**.

Urządzenia radjotelemechaniczne stosowane być mogą do kierowania z odległości łodziami, samochodami, sterowcami, do zapalania materiałów wybuchowych, do uruchomienia urządzeń sygnalizacyjnych i wielu innych.

Najprostsze urządzenie radjotelemechaniczne składać się będzie z jednej strony ze zwykłej radjostacji nadawczej o zmiennej długości fali, a z drugiej z pewnej ilości odbiorników, z których każdy nastrojony jest na określoną długość fali. Każdy z tych odbiorników, przy pomocy przekaźników zdolny jest do uruchomienia jakiegoś urządzenia np. steru, mechanizmu regulującego szybkość obrotów silnika, jakąś dźwignię i t. p. To też regulując nadajnik na żadaną długość fali, uruchamia się w ten sposób odpowiednie urządzenie mechaniczne na odległość.

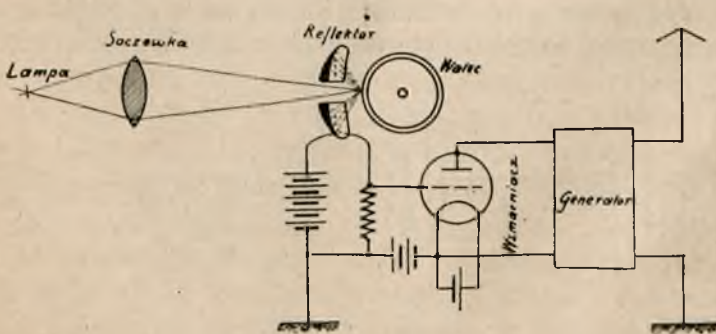
152. PRZEKAZYWANIE RYSUNKÓW NA ODLEGŁOŚĆ.

Fale elektromagnetyczne, jak wspomnieliśmy, znalazły również zastosowanie w przekazywaniu na odległość rysunków, fotografii, autografów i t. p.

Dziedzina ta przybrała realne formy dopiero z chwilą zastosowania t. zw. **komórki fotoelektrycznej**, to też w dobie obecnej przekazywanie rysunków na odległość zaczyna mieć coraz większe zastosowanie w praktyce.

Komórka fotoelektryczna, mająca kształt spłaszczonej bańki szklanej, z której wypompowane jest powietrze, posiada wewnątrz dwie elektrody: anodę sporządzoną z drutu metalowego w kształcie koła i katodę zazwyczaj potasową w postaci nalotu na ściance bańki. Katoda jest światłoczułą, to znaczy, że pod wpływem światła padającego na nią zmienia swą zdolność wydzielania elektronów (emisję), wskutek czego przestrzeń, katoda-anoda zmienia swą oporność elektryczną w zależności od zmian siły światła, to też po połączeniu anody z biegunem dodatnim baterji a katody z biegunem ujemnym, natężenie prądu w obwodzie w ten sposób powstałym zależne będzie od siły światła padającego na katodę.

Jeśli więc obwód mikrofonowy w nadajniku radjotelefonicznym zastąpimy przez obwód zawierający baterję i komórkę fotoelektryczną (rys. 195), na którą padać będą promienie od-



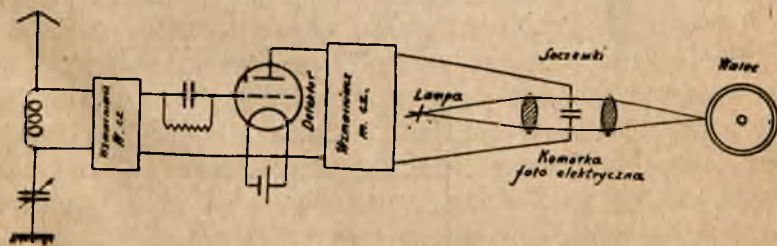
Rys. 195

bijane od różnych punktów rysunku lub fotografii, to prąd generatora będzie modulowany odpowiednio do chwilowych wartości natężenia odbijanego światła.

W tym celu rysunek, który ma być przekazany na odległość, umieszcza się na specjalnym walcu szybko obracającym się i stosunkowo wolno przesuającym się wzdłuż swej osi, tak, by wszystkie punkty tego rysunku były kolejno oświetlane przez lampę. Promienie świetlne odbijając się będą od rysunku i padać na katodę komórki fotoelektrycznej, wskutek czego obwód zawierający tę komórkę zmieniać będzie swą oporność, a zmienny prąd powstały w tym obwodzie wytwarzać będzie na oporze włączonym do niego zmienny spadek napięcia, który po wzmocnieniu przez amplifikator, modułować będzie z dostateczną głębokością prąd wytworzony przez generator.

Stacja odbiorcza jest podobną do zwykłej stacji radiotelefonicznej (posiada więc wzmacniacz wielkiej częstotliwości, detektor i wzmacniacz małej częstotliwości), jedynie tylko zamiast słuchawki do obwodu anodowego ostatniej lampy włączone jest specjalne urządzenie, w skład którego wchodzi specjalne pryzmaty i komórka fotoelektryczna Karolusa, mająca tę własność, że gdy włączymy ją do obwodu z prądem, to siła światła przechodzącego przez tę komórkę zależy będzie od natężenia tego prądu.

Po włączeniu więc komórki Karolusa do obwodu anodowego ostatniej lampy odbiornika (rys. 196) i oświetleniu jej



Rys. 196

lampą za pośrednictwem pryzmatów, siła światła zmieniać będzie swą wartość zależnie od chwilowych wartości prądu anodowego małej częstotliwości, które, jak wiemy, odpowiadają chwilowym wartościom prądu modulującego w stacji nadawczej.

Pozostaje więc tylko zmienić w ten sposób pod względem siły promienie świetlne skierować na odpowiednią kliszę, umieszczoną na walcu obracającym się i posuwającym wzdłuż swej osi synchronicznie z walcem stacji nadawczej, by rysunek nadawany przez tę stację był skopjowany na stacji odbiorczej.

Urządzenia do przekazywania rysunków na odległość są obecnie już na tyle udoskonalone, że kopje otrzymane w opisanym sposobie, pod względem dokładności rysunku i cieniowania nie różnią się prawie wcale od oryginału.

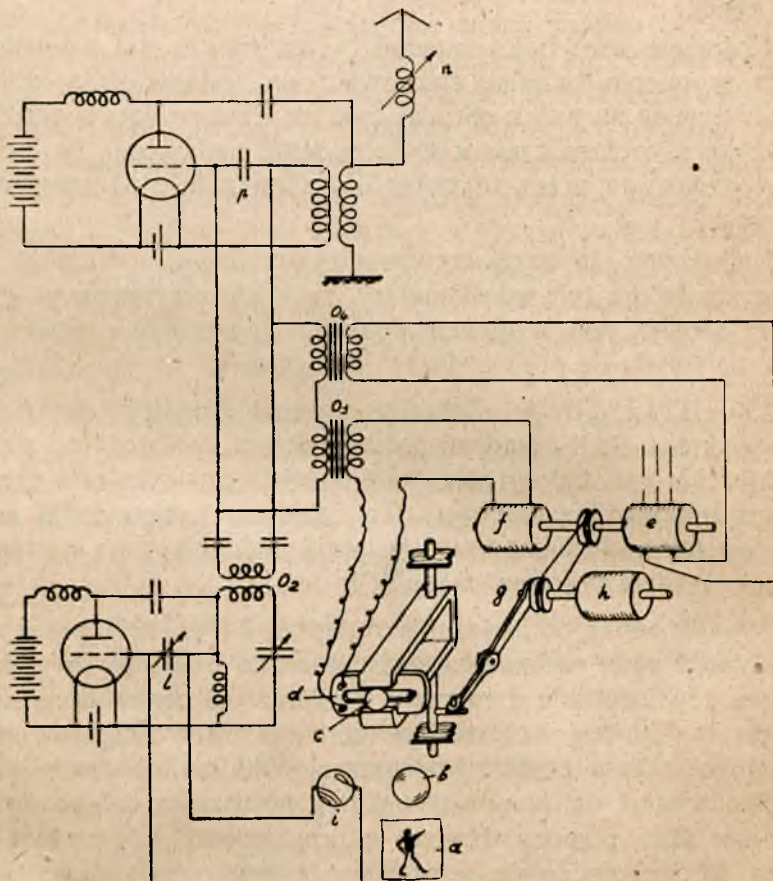
153. TELEWIZJA. Znacznie więcej trudności napotyka się w konstrukcji urządzeń pozwalających „widzieć“ na stacji odbiorczej przedmioty ustawione specjalnie w tym celu przed aparaturą stacji nadawczej. Ta dziedzina radjotechniki nosi nazwę **telewizji**, najnowszy system której polega na następującej zasadzie potrójnej modulacji:

Światło odbite od jakiegoś przedmiotu **a** (rys. 197), przez soczewkę **b** pada na lustro **c** oscylografu. Lustro to wykonuje równocześnie dwa ruchy: wzdłuż osi poziomej stosunkowo szybko pod wpływem prądu o częstotliwości f_1 wytwarzanego przez alternator **f** poruszany silnikiem **h** i stosunkowo wolno wzdłuż osi pionowej wskutek poruszania całego oscylografu przy pomocy dźwigni **g** uruchamianej również silnikiem **h**. Równocześnie z ruchem dźwigni uruchomiony jest alternator **e** wytwarzający prąd o małej częstotliwości f_2 .

Wskutek tego podwójnego ruchu, punkt po punkcie odbijany w lusterku **c** obraz rzuca w bardzo szybkim tempie ruchomy punkt świetlny na komórkę fotoelektryczną **i**. Równocześnie więc z odbijaniem się różnych punktów w lusterku, w obwodzie zawierającym komórkę zmieniać się będzie natężenie

prądu odpowiednio do oświetlenia odbijającego w lusterku punktu obrazu.

W opisanem urządzeniu zauważyć się więc dają trzy charakterystyczne obwody: przez pierwszy z nich, doprowadzo-



Rys. 197

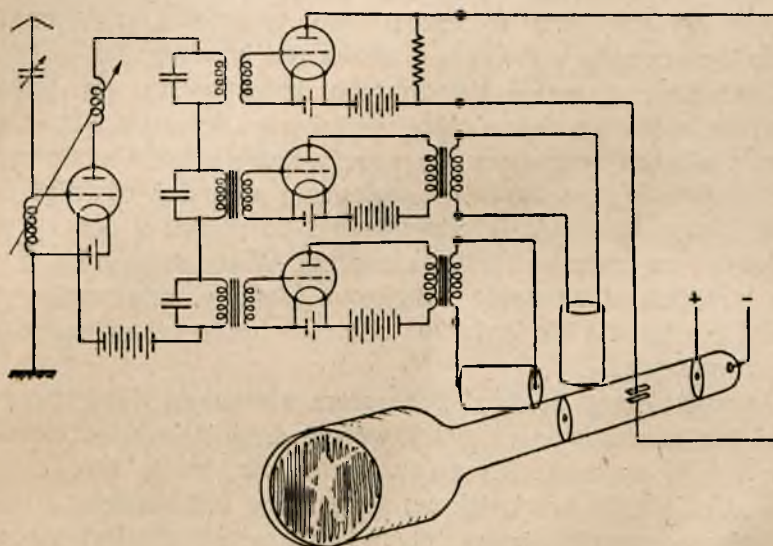
ny do uzwojenia pierwotnego transformatora O_3 , przepływa prąd o częstotliwości f_3 zgodnej z przesuwaniem się lusterka wzdłuż osi poziomej, przez drugi, doprowadzony do uzwojenia pierwotnego transformatora O_4 , przepływa prąd o często-

tliwości f_1 , zgodnej z poruszaniem się lusterka wzdłuż osi pionowej, przez trzeci natomiast, zawierający komórkę fotoelektryczną, przepływa prąd odpowiadający sile światła.

Ten ostatni obwód za pośrednictwem kondensatora modulacyjnego I moduluje prąd o średniej częstotliwości f_2 , wytwarzany przez generator lampowy pomocniczy.

Wszystkie te trzy prądy przepływające przez uzwojenia pierwotne transformatorów 0_2 , 0_3 i 0_4 działają na obwód siatki generatora lampowego głównego (za pośrednictwem kondensatora p), wskutek czego prąd wielkiej częstotliwości f_1 wytwarzany przez ten generator jest modulowany potrójnie według częstotliwości f_2 , f_3 i f_4 .

Stacja odbiorcza (rys. 198) zbudowana jest następująco: an-



Rys. 198

tena nastrojona na falę nośną (częstotliwość f_1) połączona jest ze wzmacniaczem, w obwodzie anodowym którego znajdują się trzy obwody drgań, z których pierwszy nastrojony jest na częstotliwość f_2 generatora pomocniczego stacji nadawczej.

drugi na częstotliwość f_1 , a trzeci na częstotliwość f_2 wytwarzanych w stacji nadawczej.

Wszystkie te trzy prądy zostają następnie doprowadzone po odpowiednim wzmocnieniu przez amplifikatory lampowe do oscylografu katodowego Brauna, wewnątrz którego, wskutek doprowadzenia stałego pomocniczego napięcia, powstają promienie katodowe.

Prądy o częstotliwości f_1 i f_2 przepływają następnie przez uzwojenia dwóch prostopadle do siebie ustawionych elektromagnesów, pod wpływem których, promienie katodowe odchylać się będą zgodnie z podwójnym ruchem lusterka na stacji nadawczej, oświetlając w bardzo szybkim tempie różne punkty ekranu umieszczonego na przodzie oscylografu.

Prąd o częstotliwości f_2 doprowadzony jest natomiast do płytek kondensatora umieszczonego wewnątrz oscylografu. Pole elektryczne wytwarzane przez ten kondensator wpływa na natężenie promieni katodowych, które wobec tego zmieniać się będzie zgodnie z chwilowymi wartościami prądu o częstotliwości f_2 . Poruszający się więc wciąż z wielką szybkością punkt świetlny na ekranie oscylografu zmieniać również będzie siłę swego światła odpowiednio do punktów obrazu padających na lustro stacji nadawczej. W ten sposób na ekranie otrzymamy wrażenie wzrokowe (wskutek znacznej szybkości poruszania się lusterka) odbicia obrazu ustawionego na stacji nadawczej.

Zauważyliśmy, że prąd generatora głównego stacji nadawczej jest modulowany częstotliwością średnią, a więc stosunkowo dość znaczną, dlatego też w telewizji mogą mieć zastosowanie jedynie krótkofalowe generatory fali nośnej.

Opisane urządzenia są dość kosztowne i niezbyt pewne w działaniu, dlatego też praktyczne ich zastosowanie jak dotychczas jest nieznaczne.

SKOROWIDZ ALFABETYCZNY.

(Liczby oznaczają paragrafy).

A.

Akustyczna częstotliwość 95.
Akustyczny rezonans 58.
Alfabet Morse'a 4.
Alexanderson 3.
Alexandersona maszyna 101.
Alternator 15.
Alternator wielkiej częstotliwości 99.
Amper 8. 11. 24.
Amperomierz antenowy 106.
— cieplny 53. 60. 106.
Amplifikacji spólczynnik 88.
Amplifikatora człon 91.
Amplifikator lampowy 78. 89.
— magnetyczny 116.
— wielolampowy 90.
Amplituda prądu zmiennego 13.
Anoda 79.
Anodowa baterja 80.
Anodowe napięcie 85.
Anodowy obwód 80.
— — wielkiej częstotliwości 106.
— prąd 80.
Antena 3. 36. 45.
— Beverage 45.
— krótkofalowa 140.
— L 45. 55.
— nastrajana 43.
— ostrosłupowa 45. 55.
— parasolowa 45. 51. 54. 55.
— płaska 45. 54.
— podwójnie stożkowa 45.

Antena prostolinjowa 55.
— pryzmatyczna 45. 54.
— ramowa 129.
— sztuczna 100.
— telegrafu ziemnego 149.
— T-ową 45. 55.
— typu wieży Eiffel 45.
— V 45. 55.
— wiedeńska 45.
Antenowa zasłona 138.
Antenowy amperomierz 106.
— obwód 67.
Aparat nadawczy 1.
— notujący (piszący) 4. 77.
— odbiorczy 1. 68.
— selektywny 74.
— telegraficzny Baudot 77.
— — Hughesa 77.
— — Morse'a 77.
— — Wheatstone'a 77.
Aperjodyczny obwód 33. 71. 73.
Asymetryczny obwód rozwarty 39.
Asynchroniczny iskiernik 66.
Atmosferyczne wyładowania 98
Austin'a wzór 139.
Autodyna 113.
Autoheterodyna 127.
Autotransformatorowe sprzężenie 56.

B.

Baterja anodowa 80.
— kondensatorów 27.
— żarzenia 80.

Baudot, aparat telegraficzny 77.
 Bellini'ego radjogoniometr 136.
 Bethenod 3.
 Bezpośrednie sprzężenie 56. 106. 123.
 Bezwładność 10.
 Beverage antena 45.
 Bieguny magnesu 69.
 Blokujący kondensator 35. 106.
 Błona słuchawki (membrana) 70.
 Boczniowe wzbudzenie 18.
 Bódcze wzbudzenie anteny 3. 64.
 Bódczy obwód 63. 67.
 Branly'ego rurka 3.
 Braun 3. 63.
 Brauna oscylograf katodowy 153.
 — system 63.
 Broadcastingowy odbiornik 70. 123.
 Brzęczyk 21. 59.
 Brzęczykowy obwód 59.
 Brzusiec fali 40.
 Butelka lejdecka 27.

C.

Całkowity prąd emisyjny 87.
 Centymetr indukcyjności 8. 11.
 — pojemności 24.
 Cewka cylindryczna 9.
 — indukcyjna 9.
 — indukcyjna Ruhmkorff'a 20. 62.
 — komórkowa 9.
 — koszykowa 9.
 — przedłużająca 43. 106.
 — reakcyjna 113.
 — spiralna płaska 9.
 — twornika 13.
 Charakterystyka lampy trójelektrod. 84
 — prądu anodowego 97.
 — prądu siatki wewnętrznej 97.
 Chłodzenie wodne łuku 100.
 Ciągłe fale 107.
 Ciepłe przewodnictwo 100.
 Ciepły amperomierz 53. 60. 106.

Częstotliwość akustyczna 95.
 — drgań 34.
 — dudnienia 111.
 — iskry 34. 66. 70.
 — mała 13. 95.
 — pośrednia 127.
 — prądu zmiennego 13.
 — słyszalna 95.
 — wielka 13. 95.
 Cylindryczna cewka 9.
 Człon amplifikatora 91.
 — filtra elektrycznego 75.
 Czteroelektrodowa lampa 78.
 Czynna część uzwojeń ramy 131.

D

Dejonizacja przerwy iskrowej 65. 66.
 Demultiplikator 27.
 Detektor 59. 68. 70.
 — lampowy 70. 78. 96.
 — stykowy 70.
 Detektorowy obwód 72. 73.
 Dielektryczna stała 26.
 Dielektryk kondensatora 25.
 — sztuczny 27.
 Dławik 14. 35. 93.
 — modulacyjny 120.
 Dławikowe łączenie lamp 94.
 Dławikowy wzmacniacz 90. 93.
 Długie fale 72.
 Długość fali elektromagnetycznej 41.
 — fali własnej anteny 43.
 Dolne zakrzywienie charakterystyki 84.
 Doprowadzenie 45.
 Drgający prąd 30. 36. 70.
 — ruch 29.
 Drgania elektryczne 30.
 — gasnące 29. 30.
 — mechaniczne 29.
 — niegasnące 29. 30.
 — proste 63.
 — tłumione 29. 30.

Drgania własne amplifikatora 90.
— złożone 63.
Drgań obwód 30. 31. 33. 59. 72.
Drucik żarowy 79.
Drzewieckiego śmigło 22.
Dudnienia 111.
— tłumione 63.
Dudnień częstotliwość 111.
Dwubiegunowy przełącznik 135.
Dwuelektrodowa lampa 78. 79.
Dwukierunkowość anteny ramowej 133.
Dwukolektorowa prądnicą 22.
Dwulampowy prostownik 82.
Dwusiatkowa lampa 78. 97.
Dynamomaszyna 12.
Działanie kierunkowe 129.
Działka kolektora 16.
Dźwięczna iskra 3. 66.
Dźwięk tonowy 69.

E.

Ebonitowa muszla 69.
Ekran 138.
Elektroda iskiernika 62. 65.
— lampy 79.
— łuku 100.
Elektromagnes 12. 15.
Elektromagnetyczna fala 2.
Elektromagnetyczne pole 41.
Elektromagnetyczny przerywacz 20. 21.
110.
Elektromotoryczna siła indukcji 8.
— siła indukowana 6. 56.
— siła tętniąca 16.
Elektronowa emisja 80.
Elektronowy prąd 80.
— prąd siatki 86.
Elektron 80.
Elektryczna pojemność 24. 26.
— prądnicą 12.
Elektryczne drgania 30.
— pole 36. 41.

Elektryczny filtr 75.
— obwód 6.
— prąd 6. 12. 80.
— silnik 12.
Emisja elektronowa 80.
Emisyjny prąd 87.
— prąd całkowity 87.
Energja kinetyczna 29.
— potencjalna 29.

F.

Fading 44. 139.
Fala długa 72.
— elektromagnetyczna 2.
— gasnąca 3.
— krótka 72.
— napięcia 40.
— negatywna 100. 101.
— niegasnąca 3. 98.
— nośna 115.
— podwójna 63.
— prądu 40.
— rezonansowa 61.
— własna anteny 43. 45. 51.
Fale ciągłe 107.
— najkrótsze 55.
— tonowane 107.

Falomierz 59.

Farad 24.

Fessenden 111.

Filtr elektryczny 75. 82.

Fotoelektryczna komórka 152.

— komórka Karolusa 152.

Foucolt'a prądy wirowe 142.

G.

Galena 70.

Gaszące drgania 29. 30.

— fale 3.

Gaszenie iskry 65.

— łuku 100.

- Gazy okludowane 85.
 Generacyjny układ Gutton'a 143.
 — — Hartley'a 105. 143.
 — — Hutha 105.
 — — lampowy 105.
 — — Mesny'ego 105. 143.
 — — Meissnera 105.
 — — o sprzężeniu zwrotnem pojemnościowem 105.
 Generator drgań elektrycznych 99.
 — krótkofalowy 143.
 — lampowy 78. 102.
 — łukowy Poulsen'a 99.
 — pomocniczy 103.
 — samowzbudzający się 104.
 — o wzbudzeniu obcem 102. 103.
 — o wzbudzeniu własnem 102. 104.
 Głębokość modulacji 120.
 Głośnik 77. 89.
 Główny przełącznik 76.
 Gniazdko lampowe 83.
 — wtyczkowe 76.
 Goldschmidt 3.
 Górne zakrzywienie charakterystyki 84.
 Guttona układ generacyjny 143.

H.

- Hartley'a układ generacyjny 105. 143.
 Heaviside'a warstwa 44. 139.
 Heising'a modulacja 120.
 Henr 8. 11.
 Hertz 3.
 Heterodyna 103. 111.
 Heterodynowanie 111.
 Hughesa aparat telegraficzny 77.
 Hutha układ generacyjny 105.

I.

- Ilość elektryczności 13.
 Impuls prądu drgającego 34.
 Indukcja wzajemna 11.

- Indukcyjna cewka 9.
 — cewka Ruhmkorff'a 20. 62.
 — oporność 35.
 Indukcyjne sprzężenie zwrotne 113.
 Indukcyjność 8. 10.
 — skuteczna 43.
 Indukcyjności współczynnik 8.
 Indukowana siła elektromotoryczna 6. 56.
 Indukowany prąd 6.
 Induktorowa maszyna 17.
 Indukujący prąd 6.
 Interferencja 111.
 Interferencyjna metoda 111.
 Iskiernik asynchroniczny 66.
 — kulkowy 62.
 — rotacyjny 65.
 — synchroniczny 66.
 — talerzowy 65.
 — wielokrotny 65.
 Iskiernika elektrody 62. 65.
 Iskra 31.
 — dźwięczna 3. 66.
 Iskrowa przerwa 31.
 — stacja 30. 67.
 Iskrowe wyładowania 2. 62.
 Iskrowy system Marconi'ego 62.
 — telegraf 2.
 Iskry częstotliwość 34. 66. 70.
 — gaszenie 65.
 — opór 62.
 Izolator jaskowy 46.
 — pałeczkowy 46.
 — przepustowy 46.
 — talerzowy 46.
 — wsporczy 46.
 Izolowanie anteny 46.

J.

- Jaskowy izolator 46.
 Jonowy prąd siatki 86.
 Jony 86.

K.

Karborund 70.
 Karolusa komórka fotoelektryczna 152.
 Katoda 79.
 — torowana 79.
 Katody obwód 80.
 Katodowa lampa 3. 78. 99.
 Katodowe promienie 153.
 Katodowy oscylograf Brauna 153.
 Kąt promieniowania anteny 139.
 Kenotron 78. 82.
 Kierunkowa radjotelegrafja 132.
 Kierunkowe działanie 129.
 — stacje nadawcze 132.
 Kierunkowość fal krótkich 138.
 — promieniowania anteny 55.
 Kinetyczna energia 29.
 Klucz telegraficzny nadawczy Morse'a
 4. 62. 106.
 Koherer Branly'ego 3.
 Kolektor 16.
 Komora łukowa 100.
 Komórka fotoelektryczna 152.
 — fotoelektryczna Karolusa 152.
 Komórkowa cewka 9.
 Kondensator 14. 24. 25.
 — blokujący 35. 106.
 — nerkowy 27.
 — obrotowy 27.
 — płaski 26. 27.
 — płytowy 27.
 — rurkowy 27.
 — szklany 27.
 — zaworowy 71.
 Kondensatora dielektryk 25.
 — ładowanie 24.
 — wyładowanie 24.
 — okładka 27.
 — pojemność początkowa 27.
 — tarcza 27.
 Kondensatorów baterja 27.
 — połączenie równoległe 28.

Kondensatorów połączenie szerego-
 we 28.
 Konstrukcja anteny ramowej 134.
 Końcówki elektrod lampy 79.
 Koszykowa cewka 9.
 Kropkokreskowy alfabet Morse'a 4.
 Krótkich fal kierunkowość 138.
 Krótkie fale — rozdz. XV.
 — — 72.
 Krótkofalowa antena 140.
 Krótkofalowiec 137.
 Krótkofalowy generator 143.
 — odbiornik 144.
 Krzywa rezonansu 60. 74.
 Kulkowy iskiernik 62.
 Kulomb 24.

L.

Lampa czteroelektrodowa 78.
 — dwuelektrodowa 78.
 — dwusiatkowa 78. 97.
 — katodowa 3. 78. 99.
 — modulacyjna 116. 117. 118.
 — nadawcza 108.
 — rurkowa 83.
 — trójelektrodowa 78. 83.
 Lampowe gniazdko 83.
 — stacje 30.
 — stacje nadawcze 106.
 — układy generacyjne 105.
 Lampowy amplifikator 78. 89.
 — detektor 70. 78. 96.
 — generator 78. 102.
 — prostownik 82.
 Lejdejska butelka 27.
 Linje sił pola magnetycznego 7.

Ł.

Ładowanie kondensatora 24.
 Ładujący obwód 67.
 Łączenie lamp dławikowe 94.
 — — równoległe 106.

Łączenie lamp transformatorowe 94.
— zwojów anteny ramowej 135.
Łuk Poulsen'a 3. 30.
— świetlny Volta'y 100.
Łukowa komora 100.
— stacja Poulsen'a 30. 100.
Łukowy generator Poulsen'a 99.

M.

Magnes podkowiasty 69.
— stały 12. 69.
Magnesu bieguny 69.
Magneto-oscylograf 77.
Magnetyczne nasycenie 18.
— pole 36. 41.
— pole łuku 100.
Magnetyczny amplifikator 116.
— opór 101.
— strumień 19.
Magnetyzm szczątkowy 18.
Mała częstotliwość 13. 95.
Małej częstotliwości obwód 67.
Marconi 3.
Marconi'ego system iskrowy 62.
Martwa strefa 44. 139.
Maszt 46.
Maszyna Alexandersona 3. 101.
— Bethenod 3.
— elektryczna 12.
— Goldschmidta 3.
— induktorowa 17.
— prądu stałego 16.
— prądu zmiennego 15.
— wielkiej częstotliwości 3.
Maszynowa stacja 30.
Maximum dźwięku 132.
Mechaniczne drgania 29.
Mechaniczny ruch 12.
Mechanizm elektromagnetyczny 110.
— zegarowy 110.
Meissnera układ generacyjny 105.
Membrana 69.

Membrana mikrofonu 115.
Mesny'ego układ generacyjny 105. 143.
Metal niemagnetyczny 101.
Metoda interferencyjna 111.
— dudnień 111.
— nakładania 111.
— słuchowa odbioru 4.
Mieszane sprzężenie zwrotne 113.
Mikrofarad 24.
Mikrofon 115.
— ciekły 116.
— radjotelefoniczny 116.
— węglowy 116.
Mikrofonowy obwód 118.
Minimum dźwięku 132.
Międzylampowy transformator 91.
Moc promieniowania anteny 45. 53. 54.
— stacji nadawczej 1.
Modulacja 107. 115.
— Heising'a 120.
— przez absorbcję w antenie 118.
— w obwodzie anodowym 120.
— — — siatkę 119.
Modulacyjna lampa 116. 117. 118.
Modulacyjne urządzenie 117.
Modulacyjny dławik 120.
— transformator 117. 118.
Morse'a alfabet kropkreskowy 4.
— aparat telegraficzny 77.
— klucz nadawczy 106.
— znaki telegraficzne 107.
Muszla ebonitowa 69.

N.

Nachylenie charakterystyki 88.
Nadawcza stacja 1.
Nadawcze lampy 108.
— stacje iskrowe 62.
— — kierunkowe 132.
— — lampowe 106.
Nadawczy aparat 1.
— klucz telegraficzny Morse'a 4.
62. 106.

Najkrótsze fale 55.
 Nakładania metoda 111.
 Napięcia fala 40.
 — rozkład 38.
 Napięcie anodowe 85.
 — żarzenia 85.
 Napięciowy współczynnik wzmocnienia 91.
 Naskórkowość 142.
 Nastrajana antena 43.
 Nastrojenie anteny 61.
 Nasylenie magnetyczne 18.
 — prądu anodowego 84.
 Natężenie pola magnetycznego 7. 69.
 — prądu 8. 13.
 Negatywna fala 100. 101.
 Nerkowy kondensator 27.
 Neutrodyna 128.
 Neutrodynowanie 128.
 Niegaszące drgania 29. 30.
 — fale 3. 98.
 Niemagnetyczny metal 101.
 Niskiego napięcia obwód 67.
 Notujący aparat 4. 77.
 Nośna fala 115.

O.

Obce wzbudzenie generatora 102. 103.
 Obrotowy kondensator 27.
 Obwód anodowy 80.
 — anodowy wielkiej częstotliwości 106.
 — anteny 67.
 — aperiodyczny 33. 71. 73.
 — asymetryczny 39.
 — bodźczy 67.
 — brzęczykowy 59.
 — detektorowy 72. 73.
 — drgań 30. 33. 59. 72.
 — — falomierza 59.
 — — pośredni 73.
 — — zamknięty 31.

Obwód elektryczny 6.
 — katody 80.
 — ładujący 67.
 — małej częstotliwości 67.
 — mikrofonowy 118.
 — niskiego napięcia 67.
 — odbiorczy 72.
 — promieniujący 63. 67.
 — rozwarty 36. 67.
 — rozwarty uziemiony 39.
 — siatki 83.
 — słuchawkowy 59.
 — sprzężony 56.
 — symetryczny 39.
 — wielkiej częstotliwości 67.
 — wysokiego napięcia 67.
 — wzbudzający alternatora 67.
 — zamknięty bodźczy 63.
 — — wzbudzający 63.
 — zasilający 67. 100.
 — — anodę 106.
 — żarzenia 80.
 Odbiorcza radjostacja lampowa 122.
 — stacja 1. 68.
 — stacja o schemacie najprostszym 71.
 — stacja ramowa 129.
 — stacja z obwodem aperiodycznym sprzężonym 72.
 — stacja z obwodem pośrednim 73.
 Odbiorczy aparat 1. 68.
 — obwód 72.
 Odbiornik 122.
 — broadcastingowy 70. 123.
 — krótkofalowy 153.
 — neutrodynowy 128.
 — o układzie zasadniczym 123.
 — reakcyjny 113.
 — •refleks 125.
 — Reinarta 113.
 — rezonansowy 94.
 — superheterodynowy 127.
 — superreakcyjny 126.

- Odbiorniki specjalne 124.
 Odciągacz 46.
 Oddziaływanie wsteczne 63.
 Okludowane gazy 85.
 Okładka kondensatora 27.
 Okres drgań 32.
 — prądu zmiennego 13.
 Omowa oporność 33. 35.
 Opornik żarzenia 90.
 Oporność indukcyjna 35.
 — obwodu drgań 35.
 — omowa 33. 35.
 — pojemnościowa 35.
 — pozorna 35.
 — rzeczywista 35.
 — wewnętrzna lampy 88.
 Oporowy wzmacniacz 90. 92.
 Opór iskry 62.
 — magnetyczny 101.
 — słuchawki 69.
 — wzmacniacza oporowego 92.
 Organy rozrządzące 76.
 Oscylograf 153.
 — katodowy Brauna 153.
 Osłonna siatka 97.
 Ostrosłupowa antena 45. 55.
 Ostrość nastrojenia 74. 98.
 Oznaczenia radjotechniczne 5.
- P.
- Pałeczkowy izolator 46.
 Papierowa taśma 77.
 Para stykowa 70.
 Parasolowa antena 45. 51. 54. 55.
 Pierścienie ślizgowe 16.
 Pierścień uszczelniający 69.
 Pierwotne uzwojenie 19.
 Piszący aparat 77.
 Płaska antena 45. 54.
 — cewka spiralna 9.
 Płaski kondensator 26. 27.
 Płytkowy kondensator 27.
- Początkowa pojemność kondensatora 27.
 Początkowy potencjał siatki 89.
 — punkt charakterystyki 84.
 Podkowiasty magnes 69.
 Podtrzymywanie drgań 104.
 Podwójna fala 63.
 Podwójnie stożkowa antena 45.
 Pojemnościowa oporność 35.
 Pojemnościowe sprzężenie 56.
 — sprzężenie zwrotne 113.
 Pojemności centymetr 24.
 Pojemność anteny 45. 51.
 — elektryczna 24. 26.
 — początkowa kondensatora 27.
 — skuteczna anteny ramowej 131.
 — wewnętrzna lampy 105.
 — wierzchołkowa anteny 54.
 Pole elektromagnetyczne 41.
 — elektryczne 36. 41.
 — magnetyczne 36. 41. 69.
 — magnetyczne łuku 100.
 Połączenie równoległe kondensator. 28.
 — — lamp 106.
 — — obwodów 106.
 — szeregowo kondensatorów 28.
 Pomocniczy generator 103.
 Popow 3.
 Pośredni obwód drgań 73.
 Pośrednia częstotliwość 127.
 Pośrednie sprzężenie 106.
 Potencjalna energia 29.
 Potencjał początkowy siatki 89.
 — siatki 83.
 — zerowy 84.
 Potęgowanie napięcia 19.
 Poulsen'a łuk 3. 30. 100.
 — stacja łukowa 100.
 Pozorna oporność 35.
 Prąd anodowy 80.
 — drgający 30. 36. 70.
 — elektronowy 80.
 — elektronowy siatki 86.

- Prąd elektryczny 6. 12. 80.
 — emisyjny 87.
 — emisyjny całkowity 87.
 — indukowany 6.
 — indukujący 6.
 — jonowy siatk! 86.
 — otwarcia 8.
 — siatki 86.
 — sinusoidalny 15.
 — stały 13.
 — szybkością 109.
 — szybkościenny 2.
 — średni anteny 54.
 — średni wyprostowany 71.
 — tętniący 13.
 — wirowy Foucoll'a 142.
 — wzbudzający 15.
 — zamknięcia 8.
 — zmienny 13.
- Prądnicą dwukolektorową 22.
 — elektryczną 12.
 — wzbudzającą 18.
 — zasilającą 100.
- Precyzer 27.
- Promienie katodowe 153.
- Promieniowanie anteny 41. 45. 52. 53. 55.
- Promieniowanie użyteczne anteny 52.
- Promieniowy telegraf 1.
- Promieniujący obwód 63. 67.
- Promień 1.
- Proste drgania 63.
- Prostoliniowa część charakterystyki 84.
- Prostoliniowa antena 55.
- Prostownik 78.
 — dwulampowy 82.
 — lampowy 82.
 — prądu 70.
- Próżnia lampy 80.
- Pryzmatyczna antena 45. 54
- Przeciwdunkowa siatka 97.
- Przeciwwaga 48.
 — uziemiona 49.
- Przedłużająca cewka 43. 106.
- Przedłużenia współczynnik 52.
- Przekazywanie rysunków na odległość 152.
- Przekładnia 19.
- Przekształcanie energii 29.
- Przełącznik dwubiegunowy 135.
 — główny 76.
 — kondensatorowy 72.
- Pięzopustowy izolator 46.
- Przerwa iskrowa 31.
- Przerywacz 59. 110.
 — elektromagnetyczny 20. 21.
- Przesunięcie fazy prądu 128.
- Przetwornica 22.
- Przewodowa radjokomunikacja —
 rodzaj. XVI.
- Przewodnictwo cieplne 100.
- Punkt początkowy charakterystyki 84.
 — zerowy 83.

R.

- Radius 1.
- Radjoamator 137.
- Radjofonja 3.
- Radjogoniometr Bellini'ego 136.
- Radjogoniometrja 132.
- Radjokomunikacja 2.
 — przewodowa — rodzaj. XVI.
- Radjotechniczne oznaczenie 5.
- Radjotechnika krótkofalowa — rodzaj. XV.
- Radjotelefon 1. —* rodzaj. XII.
- Radjotelegraf 1.
- Radjotelegrafja kierunkowa 132.
- Radjotelemechanika 151.
- Rama 131.
- Ramowa antena 129.
 — stacja 129.
- Rdzeń żelazny 15. 19.
- Reakcyjna cewka 113.
- Reakcyjny odbiornik 113.

- Refleksowy odbiornik 125.
 Regulator tonu 66.
 Reinartza odbiornik 113.
 Rezonans 58.
 — akustyczny 58.
 — anten 61.
 Rezonansowa fala 61.
 Rezonansowy odbiornik 94.
 — wzmacniacz 90. 94.
 Rezonansu krzywa 74.
 Rotacyjny iskiernik 65.
 Równoległe łączenie lamp 106.
 — łączenie kondensatorów 28.
 — wzbudzanie 18.
 — zasilanie anody 118.
 Rozchodzenie się fal 44.
 — się fal krótkich 139.
 Rozkład napięcia 38.
 — prądu 37.
 Rozrządne organy 76.
 Rozwarty obwód 36. 67.
 — — asymetryczny 39.
 — — symetryczny 39.
 — — uziemiony 39.
 Ruch drgający 29.
 Ruhmkorff'a cewka indukcyjna 20. 62.
 Rurka Branly'ego 3.
 Rurkowa lampa 83.
 Rurkowy kondensator 27.
 Rzeczywista oporność 35.
 — wysokość anteny 54.
- S.
- Samowzbudzający się generator 104.
 Selektywność 74. 141.
 Selektywny aparat 74.
 Siatka 83.
 — osłonna 97.
 — przeciwładunkowa 97.
 — wewnętrzna 97.
 — zewnętrzna 97.
 Siatki obwód 83.
 Siatki potencjał 83.
 — prąd 86.
 — — elektronowy 86.
 — — jonowy 86.
 Silne sprzężenie 57.
 Silnik elektryczny 12.
 Siła 10.
 — elektromotoryczna indukcji 8.
 — — indukowana 6. 56.
 — — tętniąca 16.
 Sinusoida 15.
 Sinusoidalny prąd 15.
 Składowa stała prądu tętniącego 14.
 — zmienna prądu tętniącego 14.
 Skuteczna indukcyjność 43.
 — pojemność anteny ramowej 131.
 — wysokość anteny 54.
 Słaby 3. 63.
 Słabe sprzężenie 57.
 Słuchawka telefoniczna 59. 68. 69.
 Słuchawkowy obwód 59.
 Słuchowa metoda 4.
 Słyszalna częstotliwość 95.
 Specjalne układy odbiorcze 124.
 Spiralna cewka płaska 9.
 Spółczynnik amplifikacji 88.
 — indukcyjności 8.
 — indukcyjności wzajemnej 11.
 — napięciowy wzmocnienia 91.
 — przedłużenia anteny 43. 52.
 — sprawności anteny 52.
 — sprawności stacji 66.
 — skrócenia anteny 43.
 — transformacji 19.
 Sprzęganie obwodów 56.
 Sprzężenie anteny bezpośrednie 123.
 — — transformatorowe 123.
 — autotransformatorowe 56.
 — bezpośrednie 56. 106.
 — pojemnościowe 56.
 — pośrednie 106.
 — silne 57.
 — słabe 57.

Sprężenie transformatorowe 56.
— zwrotne 104.
— — indukcyjne 113.
— — mieszane 113.
— — pojemnościowe 113.
Sprężności stopień 57. 98.
Sprężony obwód 56.
Stacja iskrowa 30. 67.
— lampowa 30.
— łukowa Poulsen'a 30. 100.
— maszynowa 30.
— nadawcza 1.
— — kierunkowa 132.
— — lampowa 106.
— odbiorcza 1. 68.
— — ramowa 129.
— — o schemacie najprostszym 71.
— — z obwodem aperiodycznym sprzężonym 72.
— — z obwodem pośrednim 73.
Stała dielektryczna 26.
— składowa prądu tętniącego 14.
Stała elektryczną lampy trójelektrodowej 88.
Stały magnes 69.
— prąd 13.
Stator 15.
Stopień próżni 79.
— sprężności 57. 98.
— wzmocnienia 92.
Strefa martwa 44. 139.
Strumień magnetyczny 19.
Styk 70.
Stykowy detektor 70. 71.
Superheterodyna 127.
Superhotodyna 127.
Supergenerator 126.
Superreakcja 126.
Syfon — rekorder 77.
Symetryczny obwód rozwarty 39.
— układ generacyjny Męsny'ego 105
Synchroniczny iskiernik 66.

System Braun'a 63.
— iskień dźwięcznych 3. 66.
— iskrowy Marconi'ego 62.
— Wiena 64. 66.
Szczątkowy magnetyzm 18.
Szeregowe łączenie kondensatorów 28.
— wzbudzanie 18.
Szklany kondensator 27.
Sztuczna antena 100.
Sztuczny dielektryk 27.
Szybkotętniący prąd 109.
Szybkozmienny prąd 2.

Ś.

Ślizgacz 110.
Ślizgowe pierścienie 16.
Śmigło Drzewieckiego 22.
Średni prąd anteny 54.
— prąd wyprostowany 71.
Średnia częstotliwość 126.
— wartość prądu 109.
— wartość prądu wyprostowanego 70.
Świetlny łuk Volta'y 100.

T

Talerzowy iskiernik 65.
— izolator 46.
Tarcza iskiernikowa 66.
— kondensatorowa 27.
— ramy 132.
Taśma papierowa 77.
Telefon 68.
Telefoniczna słuchawka 59. 68. 69.
Telegraf bez drutu 1.
— iskrowy 2.
— promieniowy 1.
Telegraficzny aparat Baudot 77.
— — Hughes'a 77.
— — Morse'a 77.
— — Wheatstone'a 77.

- klucz nadawczy Morse'a 4. 106.
 - Telegrafia ziemna — rozdz. XVII.
 - Telewizja 153.
 - Tętniący prąd 13.
 - Tętniąca siła elektromotoryczna 16.
 - Thomsona wzór 32. 58.
 - Tłumienie 71. 74.
 - drgań 29. 33.
 - fal 62.
 - Tłumione drgania 29. 30.
 - dudnienia 63.
 - Ton 70.
 - dźwięku 21.
 - Tonowane fale 107.
 - Tonowy dźwięk 69
 - Tor 79.
 - Torowana katoda 79.
 - Transformacji współczynnik 19.
 - Transformator 19. 91.
 - częstotliwości 101.
 - międzylampowy 91.
 - modulacyjny 117. 118.
 - wejściowy 91.
 - wyjściowy 91.
 - Transformatorowe sprzężenie 56.
 - sprzężenie anteny 123.
 - łączenie lamp 94.
 - Tropadyna 127.
 - Trójelektrodowa lampa 78. 83.
 - Twornikowe uzwojenie 15. 101.
- U.
- Ujawniacz prądu drgającego 70.
 - Układ generacyjny Gutton'a 143.
 - — Hartley'a 105. 143.
 - — Hutha 105.
 - — lampowy 105.
 - — Mesny'ego 105. 143.
 - — Meissnera 105.
 - — o sprzężeniu zwrotnem pojemnościowym 105.
 - odbiorczy refleks 125.
 - — specjalny 124.
 - Układ odbiorczy supergeneratorowy 126
 - — superreakcyjny 126.
 - — superheterodynowy 127.
 - — zasadniczy 123.
 - radjostacji odbiorczej lampowej 122.
 - Ultradyna 127.
 - Urządzenie modulacyjne 117.
 - Uziemienie 47.
 - Uziemiona przeciwwaga 49.
 - Uziemiony obwód rozwarty 39.
 - Uzwojenie pierwotne 19.
 - transformatora 19.
 - twornikowe 15. 101.
 - wtórne 19.
 - wzbudzające 101.
 - Użyteczne promieniowanie anteny 52.
- V.
- Volta'y łuk świetlny 100.
- W.
- Warjometr 9. 59. 106.
 - Warstwa Heaviside'a 44. 139.
 - Wartość średnia prądu 109.
 - średnia prądu wyprostowanego 70.
 - Wejściowy transformator 91.
 - Wentyl 70.
 - Wentylator łuku 100.
 - Wewnętrzna oporność lampy 88.
 - pojemność lampy 105.
 - siatka 97.
 - Wewnętrzne końce zwojów ramy 135.
 - Wibrator 39.
 - Wiedeńska antena 45.
 - Wielka częstotliwość 13. 95.
 - Wielkiej częstotliwości alternator 99.
 - — obwód 67.
 - Wielokrotny iskiernik 65.
 - Wielolampowy amplifikator 90.
 - Wien 3.
 - Wiena system 64. 66.

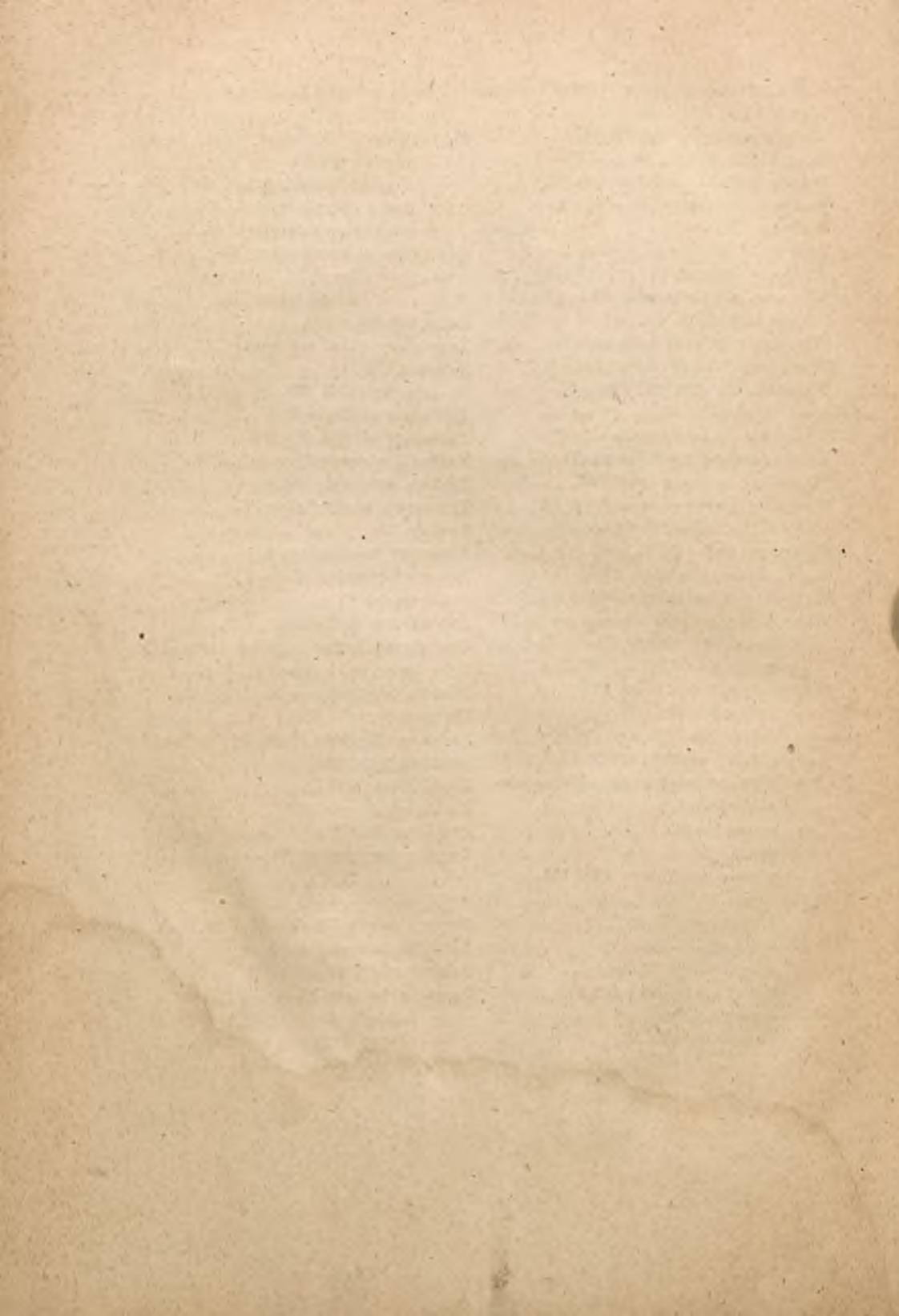
Wierzchołkowa pojemność anteny 54.
Wirnik 15.
Wirowe prądy Foucault'a 142.
Własna fala anteny 45. 51. 143.
Własne drgania amplifikatora 90.
Wodne chłodzenie łuku 100.
Wolfram 79.
Wolt 8. 11. 24.
Wsporczy izolator 46.
Wsteczne oddziaływanie 63.
Wtórne uzwojenie 19.
Wyczkowe gniazdko 76.
Wyjściowy transformator 91.
Wyładowania atmosferyczne 98.
— iskrowe 2. 62.
Wyładowanie kondensatora 24.
Wyprostowany prąd średni 71.
Wysokiego napięcia obwód 67.
Wysokość rzeczywista anteny 54.
— skuteczna anteny 54.
Wzajemna indukcja 11.
Wzbudzająca prądnicą 18.
Wzbudzające uzwojenie 101.
Wzbudzający obwód alternatora 67.
— obwód zamknięty 63.
— prąd 15.
Wzbudzanie bocznikowe 18.
— bodźcze 3. 64.
— drgań 104.
— maszyn elektrycznych 18.
— obce generatora 102. 103.
— równoległe 18.
— szeregowo 18.
— własne 18.
— własne generatora 102. 104.
Wzmocniacz 89.
— dławikowy 90. 93.
— oporowy 90. 92.
— rezonansowy 90. 94.
— transformatorowy 90. 91.
Wzór Austin'a 139.
— Thomsona 32. 58.

Z.

Zakrzywienie charakterystyki prądu
anodowego 96.
— charakterystyki prądu siatki 96.
— dolne charakterystyki 84.
— górne charakterystyki 84.
Zamknięty obwód bodźczy 63.
— — drgań 31.
— — wzbudzający 63.
Zanik dźwięku 132.
Zasadniczy układ odbiorczy 123.
Zasięg 1. 53.
— fal krótkich 139.
Zasilająca prądnicą 100.
Zasilający obwód 67 100.
Zasilanie równoległe anody 118.
Zasłona antenowa 138.
Zaworowy kondensator 71.
Zawory 76.
Zegarowy mechanizm 110.
Zerowy potencjał 84.
— punkt 83.
Zewnętrzna siatka 97.
Zewnętrzne końce zwojów ramy 135.
Zęby tarczy iskiernikowej 66.
Ziemna telegrafja — rozdz. XVII.
Złożone drgania 63.
Zmienna składowa prądu tętniącego 14.
Zmienny prąd 13.
Znaki Morse'a 107.
Zniżanie napięcia 19.
Zwojnica 9.
Zwrotne sprzężenie 104.

Ż.

Żarowy drucik 79.
Żarówka falemierza 59.
Żelazny rdzeń 15. 19.
Żarzenia baterja 80.
— napięcie 85.
— obwód 80.
— opornik 90.



SPIS RZECZY.

Przedmowa	5
Przedmowa	7
Wstęp	9
1. Wiadomości ogólne	9
2. Zasada działania	10
3. Szkic historyczny	10
4. Technika nadawania i odbierania sygnałów	12
5. Oznaczenia radjotechniczne	14
I Zjawiska indukcji	17
6. Prądy indukowane	17
7. Pochodzenie prądów indukowanych	18
8. Indukcyjność	18
9. Cewki indukcyjne	19
10. Indukcyjność i bezwładność	20
11. Indukcja wzajemna	21
II. Maszyny elektryczne i transformatory	22
12. Zasady budowy maszyn elektrycznych	22
13. Prąd stały i zmienny	23
14. Rozkład prądu tętniącego	24
15. Maszyny prądu zmiennego	25
16. Maszyny prądu stałego	28
17. Maszyny induktorowe	29
18. Wzbudzanie maszyn elektrycznych	29
19. Transformatory	31
20. Cewka indukcyjna Ruhmkorff'a	32
21. Brzęczyk	33
22. Przetwornice	34
III. Pojemność elektryczna	35
23. Analogja hydrauliczna	35
24. Pojemność kondensatora	36
25. Dielektryk kondensatora	37

	26. Obliczanie pojemności	37
	27. Rodzaje kondensatorów	38
	28. Łączenie kondensatorów	41
IV.	Drgania i fale	44
	29. Drgania mechaniczne	44
	30. Drgania elektryczne	46
	31. Wzbudzenie drgań elektrycznych	46
	32. Okres drgań	47
	33. Tłumienie drgań	48
	34. Częstotliwość drgań i częstotliwość iskry.	48
	35. Oporność obwodu drgań	49
	36. Obwody rozwarte	50
	37. Prąd w obwodzie rozwartym	52
	38. Napięcie w obwodzie rozwartym	53
	39. Obwody rozwarte uziemione	53
	40. Fala prądu i fala napięcia.	54
	41. Promieniowanie obwodów rozwartych	54
	42. Zależność długości fali od pojemności i indukcyjności obwodu	55
	43. Zmiana długości fali własnej anteny.	56
	44. Rozchodzenie się fal w przestrzeni	58
V.	Anteny i uziemienia	60
	45. Kształty anten	60
	46. Budowa anten	63
	47. Uziemienie	65
	48. Przeciwwaga	65
	49. Przeciwwaga uziemiona	66
	50. Anteny na płatowcach i statkach	66
	51. Pojemność anteny	66
	52. Promieniowanie anteny	66
	53. Pomiar prądu w antenie	67
	54. Wysokość skuteczna anteny	67
	55. Kierunkowość promieniowania anteny	68
VI.	Obwody sprzężone i zjawisko rezonansu	70
	56. Sprzężanie obwodów.	70
	57. Stopień sprzężności	71
	58. Rezonans	71
	59. Falomierz	72
	60. Krzywa rezonansu	74
	61. Rezonans między obwodami rozwartymi stacji nadawczej i odbiorczej	75
VII.	Nadawcze stacje iskrowe	77
	62. System iskrowy Marconi'ego	77

63.	System Braun'a	78
64.	System Wien'a	80
65.	Iskierniki w systemie wzbudzania bodźczego	81
66.	Iskra dźwięczna	82
67.	Urządzenie stacyj iskrowych	84
VIII.	Zasady odbioru	86
68.	Zasada działania stacji odbiorczej	86
69.	Budowa i działanie słuchawki telefonicznej	86
70.	Detektor	87
71.	Stacja odbiorcza o schemacie najprostszym	89
72.	Stacja odbiorcza z obwodem aperiodycznym sprzężonym	91
73.	Stacja odbiorcza z obwodem pośrednim	92
74.	Ostrość nastrojenia i selektywność	93
75.	Filtry elektryczne	94
76.	Budowa aparatów odbiorczych	95
77.	Aparaty piszące	96
IX.	Lampy katodowe	98
78.	Zastosowanie i rodzaje lamp katodowych	98
79.	Lampa dwuelektrodowa	98
80.	Zasada działania lampy dwuelektrodowej	99
82.	Prostownik lampowy	101
83.	Lampa trójelektrodowa	104
84.	Charakterystyka lampy trójelektrodowej	106
85.	Wpływ żarzenia i napięcia anodowego	107
86.	Prąd siatki	108
87.	Prąd emisyjny	109
88.	Stałe elektryczne lampy trójelektrodowej	110
89.	Lampa katodowa jako amplifikator	111
90.	Amplifikatory wielolampowe	113
91.	Wzmacniacz transformatorowy	113
92.	Wzmacniacz oporowy	115
93.	Wzmacniacz dławikowy	117
94.	Wzmacniacz rezonansowy	117
95.	Wybór wzmacniacza w zależności od częstotliwości	119
96.	Detektor lampowy	119
97.	Lampa dwusiatkowa	123
X.	Wytwarzanie fal niegasnących	127
98.	Cechy ogólne fal niegasnących	127
99.	Sposoby wytwarzania fal niegasnących	128
100.	Łuk Poulsen'a	128
101.	Maszyna Alexandersona	130
102.	Generator lampowy	132

103.	Generator lampowy o wzbudzeniu obcem	133
104.	Generator lampowy o wzbudzeniu własnem	134
105.	Układy generacyjne lampowe	135
106.	Stacje nadawcze lampowe	138
107.	Nadawanie znaków Morse'a	141
108.	Lampy nadawcze	143
XI.	Odbieranie fal miganących	145
109.	Różnica w stosunku do fal gasnących	145
110.	Przerywacz i ślizgacz	146
111.	Heterodynowanie	147
112.	Szczególne zalety metody heterodynowania	148
113.	Odbiorniki reakcyjne	149
XII.	Radjotelefon	153
114.	Wiadomości ogólne	153
115.	Zasada działania	153
116.	Mikrofony radjotelefoniczne	155
117.	Stacje nadawcze radjotelefoniczne	156
118.	Modulacja przez absorbcję w antenie	156
119.	Modulacja w obwodzie siatki	158
120.	Modulacja w obwodzie anodowym	160
121.	Głębokość modulacji	161
XIII.	Odbiorcze radjostacje lampowe	163
122.	Układ stacji	163
123.	Zasadniczy układ odbiorczy	164
124.	Układy odbiorcze specjalne	165
125.	Układ odbiorczy „refleks”	166
126.	Układ superreakcyjny	168
127.	Układ superheterodynowy	171
128.	Neutrodynowanie	174
XIV.	Odbiorcze stacje ramowe i radjotelegrafia kierunkowa	177
129.	Wiadomości ogólne	177
130.	Teorja działania anteny ramowej	178
131.	Budowa stacyj ramowych	180
132.	Radjotelegrafia kierunkowa	181
133.	Dwukierunkowość anteny ramowej	183
134.	Konstrukcja anteny ramowej	184
135.	Łączenie zwojów anteny ramowej	186
136.	Radjogoniometr Bellini'ego	187
XV.	Radjotechnika krótkofalowa	190
137.	Wiadomości ogólne	190
138.	Kierunkowość fal krótkich	191
139.	Rozchodzenie się i zasięg fal krótkich	191
140.	Anteny krótkofalowe	192

141. Selektywność	193
142. Ujemne własności fal krótkich	194
143. Generatory krótkofalowe	196
144. Odbiorniki krótkofalowe	197
XVI. Radjokomunikacja przewodowa	199
145. Zasada działania	199
146. Przewody	199
147. Zastosowanie radjotelegrafji (radjotelefonji) prze- wodowej	200
148. Aparaty	201
XVII. Telegrafja ziemna	202
149. Wiadomości ogólne	202
150. Zasada działania	203
XVIII. Inne zastosowania fal elektromagnetycznych	204
151. Radjotelemechanika	204
152. Przekazywanie rysunków na odległość	205
153. Telewizja	207
Skorowidz alfabetyczny	211

WYDAWNICTWA TECHNICZNE
 KSIĘGARNI
J. LISOWSKIEJ
 WARSZAWA, ALEJE JEROZOLIMSKIE № 15.

Biblioteka techniczna.

M. Pożaryski prof. Polit. Warsz. Elektrotechnika prądów silnych, wyd. II powiększone z ilustracjami	12.—
Pożaryski i G. Hensel. Krótki zarys sygnalizacji, telegrafji, telefonji oraz budowy piorunochronów, ilustrowane	1.50
Obie te prace obficie ilustrowane, polecone przez M. W. R. i O. P.	
Gimbut Bohdan. Uszkodzenia i niedokładności w maszynach elektrycznych prądu stałego i zmiennego. Oznaki, przyczyny, sposoby naprawy i zapobiegania; ze 115 rysunkami, polecone	3.40
Machcewicz Jan, inżynier elektrotechnik. Radjotelegrafja i radjotelefonja. Krótki i przystępny podręcznik radjotechniki. Wyd. 2-gie poprawione i rozszerzone	6.—
Hensel Gustaw prof. O uzwojeniach maszyn elektrycznych prądu stałego, polecone	5.—
— O uzwojeniach maszyn prądu zmiennego, polecone	5.—

Biblioteka dla szkół rzemieślniczo-przemysłowych.

Byszewski Witold, wzytator szkół handl. M. W. R. i O. P. Korespondencja kupiecko-rzemieślnicza	2.50
Gimbut B. Uszkodzenia i niedokładności w maszynach elektrycznych, polecone	3.40
Pożaryski M. prof. Polit. Warsz. Krótki zarys elektrotechniki dla szkół zawodowych. Cz. I Zasadnicza. Dalsze części w przygotowaniu, polecone.	3.—
Pożaryski M. i Hensel G. Krótki zarys sygnalizacji, polecone.	