

# PRZEGLĄD RADJOTECHNICZNY

OGŁASZANY STARANIEM SEKCJI RADJOTECHNICZNEJ STOW. ELEKTR. POLSKICH

Pod naczelnym kierunkiem prof. M. POŻARYSKIEGO.

Rok XIV.

1 Listopada 1936 r.

Zeszyt 21—22

Redaktor kpt. STEFAN JASIŃSKI.

Warszawa, Marszałkowska 33 m. 11, tel. 8-40-45.

## Połączenie radiotelefoniczne dwustronne na fali 1,8 metra.

L'installation radiotéléphonique duplex par les ondes de 1,8 mètre.

Stanisław Ryżko i Feliks Doborzyński  
(Państwowy Instytut Telekomunikacyjny)

Les auteurs décrivent une nouvelle installation duplex par les ondes ultra-courtes entre une ville industrielle et un petit village; distance 22 kilomètres sans vision directe. Une description complète de l'émetteur à magnétron, du récepteur à superréaction aussi que du système de rayonnement est donnée. Le système de rayonnement se compose d'un réflecteur métallique parabolique, d'une antenne dipôle et d'un dipôle réflecteur pour les rayons directs. La puissance de l'émetteur est environ de deux watts; la longueur d'onde 1,70 et 1,90 metres. Les courbes caractérisant des différentes parties de l'installation sont données. L'installation fonctionne comme un circuit téléphonique à deux ou quatre fils; les résultats pratiques dans l'exploitation commerciale sont satisfaisants. A la fin de l'article on discute l'influence des parasites.

### Wstęp.

Falami ultrakrótkimi przyjęto nazywać fale elektromagnetyczne krótsze od 10 m, a dłuższe od fal podczerwonych. Ze względu na swe położenie w widmie promieniowania elektromagnetycznego, fale ultrakrótkie wykazują częściowo własności promieni świetlnych (kierunkowość, odbicie, ugięcie i załamanie według praw optyki geometrycznej) — częściowo zaś własności fal radiowych (zdolność przenikania przez mgłę, chmury, zarośla i niewielkie lasy i t. p.) oraz, co najważniejsze, dają się zarówno wytwarzać jak i odbierać metodami stosowanymi w radiotechnice. Ze względu na te własności znajdują one liczne zastosowania w technice tam, gdzie fale dłuższe nie nadają się; np. stosowane są w lotnictwie do ślepego lądowania, w marynarce do urządzeń wejściowych w portach i do wykrywania dużych mas poruszających się po morzu (góry lodowe, okręty i t. p.) znajdują poza tym zastosowanie przy przesyłaniu sygnałów telewizyjnych, telegraficznych (telegrafia bardzo szybka) oraz w telefonii dwupleksowej.

Szczególne znaczenie przypisywane jest falom ultrakrótkim w komunikacji telefonicznej między punktami trudno dostępnymi jak np. góry, lub między punktami, gdzie założenie linii telefonicznej lub kabla nieopłaca się (zatoki morskie, przesmyki, kanały i t. p.). Poza tym ruchome stacje telefoniczne mają ogromne znaczenie dla wojska; to też armje amerykańska, angielska, włoska i inne wprowadzają ten rodzaj komunikacji jako zastępczy środek łączności.

Kwestja telefonji na falach ultrakrótkich była badana przez wielu eksperymentatorów; wystarczy wspomnieć doświadczenia Marconiego (1) \*) w 1931 roku na fali 50 cm celem nawiązania łączności między lądem a jachtem „Ellettra”, próby dokonywane przez Société Française Radio-Electrique (2) z nadajnikami magnetroneowymi na fa-

lach 70 cm do 500 cm, doświadczenia Lindnera, Wolfa i Bradena (3) z nadajnikami magnetroneowymi na fali 9 cm, doświadczenia Englunda (4) na falach od 1 do 5 m, eksperymenty Hershbergera (5) na fali 75 cm i innych. Ostatnio przeprowadzono te badania w Japonji (6) na fali 68 cm i otrzymano zupełnie dobre rezultaty na odległości 80 km, zaś w Ameryce (7) próby były przeprowadzone na szerszą skalę w zakresie fal 60 ÷ 70 cm, przy czym otrzymano zadawalające wyniki aż do odległości 275 km. Materiał doświadczalny jest olbrzymi, ale też niezbyt pewny ze względu na wpływ nie dających się ściśle ująć czynników oraz poważne trudności, jakie spotyka się przy doświadczeniach tego rodzaju.

Wartość telefonji na falach ultrakrótkich określić można jedynie na stacjach telefonicznych stałych, współpracujących z normalną siecią telefoniczną. Na całym świecie istnieje zaledwie kilka takich stacyj działających w zakresach fal od 8 m do 17 cm. Należy przypomnieć, że jedne z pierwszych stacyj uruchomione były w 1931 roku przez Marconiego (8) na fali 57 cm między Watykanem a Castel Gondolfo oraz przez kanał La Manche (9) na fali 17 cm.

Do dziś działają stacje łączące Lypne i St. Inglevert oraz St. Margarets i Escalles na fali 17 cm przy odległościach wynoszących odpowiednio 34 km i 57 km (10), rezultaty na tych stacjach otrzymano zupełnie dobre. Prócz tego istnieją stacje ultrakrótkofalowe stałe na Hawajach i Korsyce pracujące na fali 7 — 8 m.

Ostatnio zainstalowano w Ameryce urządzenie łączące Green Harbour i Provincetown na fali około 4,6 m przy odległości około 38 km (11).

Instalacja opisana w tym artykule jest podobna do urządzenia łączącego Harbour i Provincetown; podobieństwa polegają głównie na charakterze pracy, a mianowicie oba urządzenia pracują jako zastępczy obwód telefoniczny i są z obu stron przyłączone do normalnej sieci telefonicznej.

**1. Prace wstępne.** Pierwsze doświadczenia nad komunikacją telefoniczną na falach ultrakrótkich przeprowadzono w Instytucie Radiotechnicznym w ciągu roku 1933 i 1934 (12). Miały one za zadanie poznanie własności fal ultrakrótkich, obycie się z techniką bardzo wielkich częstotliwości oraz przybliżone określenie warunków pracy stacji telefonicznej na falach poniżej 2 m.

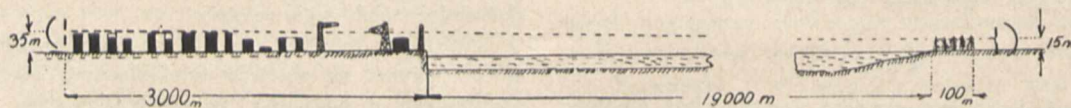
Przeprowadzono szereg badań nad zagadnieniem generacji drgań w układach magnetrone i Barkhausena-Kurtza, nad modulacją, która nastęrcza większe trudności w tych układach, oraz detekcją. Pozatem przeprowadzono szereg pomiarów nad układami antenowymi, reflektorami i liniami zasilającymi. Pierwsze próby komunikacji jednostronnej wykonano w Warszawie z nadajnikiem typu ma-

\*) Patrz spis literatury na końcu artykułu.

gnetronego oraz odbiornikiem superreakcyjnym. Nadajnik był umieszczony na dachu gmachu Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego na Pradze, odbiornik zaś na wieży Centralnego Instytutu Wychowania Fizycznego na Bielanych; odległość wynosiła około 6 km przy bezpośredniej widoczności. Próby dokonywano w zakresie drgań elektronowych  $20 \div 40$  cm oraz drgań dynatronowych  $1 \div 1,50$  m. Na falach  $20 \div 40$  cm nie uzyskano połączenia. Próby te wykazały, że do eksploatacji handlowej, przy ówczesnym stanie techniki fal ultrakrótkich, nadawał się zakres fal od  $1 \div 2$  m.

Na podstawie tych badań zaprojektowano i wykonano dwie identyczne stacje, w skład których wchodził nadajnik typu magnetronego na zakres fal od 1 do 2 m, odbiornik superreakcyjny oraz urządzenia zasilające.

Wiosną roku 1935 przeprowadzono próbne rozmowy z gotową aparaturą między P. I. T.-ym a stacją, umieszczoną na gmachu Instytutu Meteorologicznego w Jabłonie w odległości około 24 km. Mimo, że widoczności już nie było (zasłaniał las), uzyskano bardzo dobre rezultaty przy komunikacji jednostronnej. W lecie 1935 roku stacje zainstalowano w sposób bardziej stały. Doświadczenia przeprowadzono na fali 160 cm dla jednego i 140 cm dla drugiego kierunku przy mocy nadajnika około 1 W. Wypadły one naogół bardzo dobrze przy komunikacji jednostronnej, ale niezadawalająco przy duplesie wskutek zjawisk, które trudno było przewidzieć, jak: przenoszenie się szumów i przeszkód lokalnych przez rozwidlenie do na-



Rys. 1.

dajnika, duży przesłuch i sprzęganie się wskutek zbyt małej selektywności odbiornika i t. p. Naogół doświadczenia stwierdziły zbyt wielki poziom szumów, dochodzący do 30% oraz małą stałość odbiornika, co sprawiało duże trudności przy eksploatacji handlowej urządzenia. Wreszcie w miesiącach czerwcu i lipcu 1936 roku, po przerobieniu odbiornika (zwiększono jego selektywność i stałość przez zastosowanie lamp specjalnych), podniesieniu mocy do 2 W przez wydłużenie fali do 1,70 m i 1,90 m, zastosowaniu direktora oraz dokładnem dobraniu długości fali dla obu kierunków, uzyskano rezultaty zupełnie dobre, pozwalające na handlową eksploatację urządzenia mimo trudności lokalnych, które zostaną dokładnie opisane w dalszej części artykułu.

**2. Sytuacja lokalna.** Instalacja opisywana ma za zadanie połączyć drogą bezprzewodową dwie miejscowości, których odległość wynosi około 22 km, a więc zawiera się w granicach zasięgu optycznego.

Jedna ze stacji umieszczona jest w gmachu kilkopiętrowym, znajdującym się w centrum miasta. Nadajnik i odbiornik znajduje się na tarasie gmachu; urządzenie nadawcze na wysokości około 35 m n. p. m., urządzenie odbiorcze na niższym tarasie, t. zn. na wysokości 30 m n. p. m. Przekrój terenu w kierunku rozchodzenia się fal uwidoczniono na rys. 1. Droga wiązki fal przebiega około 1200 m nad miastem, niekiedy prawie stygnie do dachów wysokich budynków, dalsze 1800 m wiązka przebiega nad terenem, na którym znajdują się wysokie dźwigi, pomosty i t. p. urządzenia techniczne, które niekiedy zupełnie przegradzają drogę wiązki. Z tych przyczyn zarówno odbiór jak i nadawanie nie odbywa się w warunkach korzystnych ze względu na ujemne wpływy terenów silnie

zabudowanych (konstrukcje żelazobetonowe) oraz urządzeń technicznych, składających się z dużych mas metalowych. Wiązka fal przebiega następnie około 20 km nad wodą na wysokości około 5  $\lambda$ .

Druga stacja umieszczona jest w gmachu trzypiętrowym w miejscowości odległej o 22 km. Urządzenie nadawcze i odbiorcze znajduje się na dachu budynku na wysokości około 15 m n. p. m. (rys. 2); w odległości około 50 m od stacji znajduje się na przestrzeni 50 — 100 m gęsty las sosnowy o wysokości 17 — 18 m n. p. m., który niewątpliwie pochłania częściowo energię wiązki.

Oprócz pochłaniania energii przez las oraz przez instalacje techniczne, istnieje niekorzystne ustawienie urządzeń nadawczych i odbiorczych względem siebie; na jednej stacji odległość ich wynosi około 5  $\lambda$ , przy tym nadajnik i odbiornik znajdują się na różnych poziomach, na drugiej odległość ta wynosi 3  $\lambda$  przy jednakowych poziomach. Ma to ogromny wpływ na przesłuch własny. Ze względów sytuacyjnych nie można było jednak stacji lepiej umieścić.

Obliczenie natężenia pola w wyżej podanych warunkach terenowych nie jest sprawą łatwą; wartości obliczone według różnych wzorów i przy uwzględnieniu różnych czynników mogą się różnić znacznie. W literaturze technicznej istnieje cały szereg prac doświadczalnych, dążących do uzgodnienia wyników praktycznych z wzorami teoretycznymi, opierającymi się naogół na zasadach

optyki geometrycznej. Jednak, pomimo uwzględnienia szeregu czynników, wartości natężenia pola zbyt często odbiegają od rzeczywistości. P. Handel i W. Pfister (13) wykonali pomiary natężenia pola, posługując się samolotami; pomiary te dały wyniki zgodne z niektórymi wzorami teoretycznymi, jednak tylko dla pewnych określonych wa-



Rys. 2.

runków. Według wymienionych autorów i prac Burrowa, Decino i Hunta (14) dla naszego przypadku najbardziej przybliżone rezultaty będzie dawał wzór:

$$E = \frac{3\sqrt{5}\sqrt{P}}{d} \cdot \frac{4\pi h_1 h_2}{\lambda d} \cdot \frac{\sin \frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda d}}{2\pi \frac{h_1 h_2}{\lambda d}} \cdot F \quad (1)$$

gdzie  $P$  = moc w watach

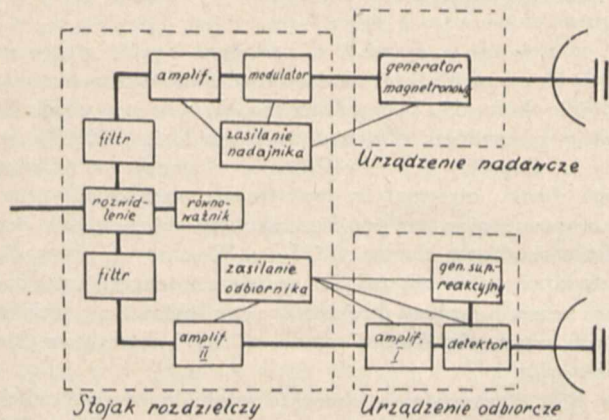
$d$  = odległość w metrach

$h_1$  i  $h_2$  = wysokości położenia stacji n. p. m.

$\lambda$  = długość fali w metrach

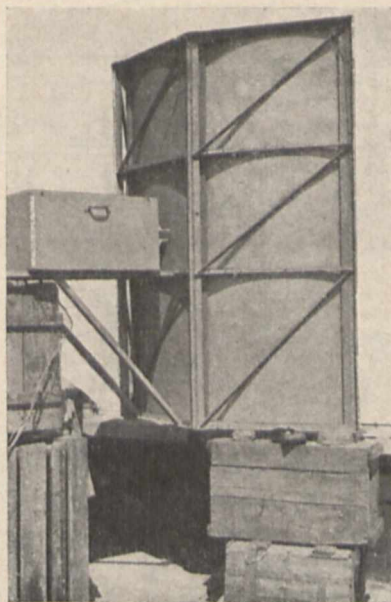
$F$  = jest to czynnik, uwzględniający wpływ krzywizny ziemi, który w tym przypadku nie wchodzi w rachubę.

Czynnik  $\frac{3\sqrt{5}\sqrt{P}}{d}$  daje natężenie pola w przestrzeni w takiej odległości od powierzchni ziemi, że odbicie nie odgrywa roli. W warunkach rzeczywistych następuje od-



Rys. 3.

bicie od powierzchni, wskutek czego wektor natężenia pola w punkcie odbioru jest sumą dwóch wektorów, przesuniętych w czasie i przestrzeni. Przesunięcie wektorów promieniowania bezpośredniego i promieniowania odbitego uwzględniają dwa następnne czynniki. Należy zauważyć, że w samym wzorze tkwi ta nieścisłość, iż przyjmuje ona współczynnik odbicia równy 1. bowiem Burrow, Decino i Hunt z pomiarów otrzymali dla rozchodzenia się nad



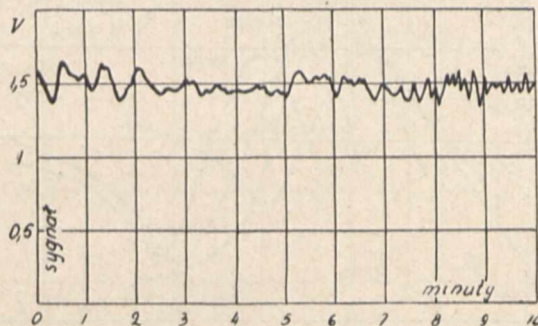
Rys. 4.

ładem współczynnik odbicia równy 0,7. Dla naszego przypadku rozchodzenia się nad wodą można przyjąć z dostateczną dokładnością współczynnik odbicia = 1. Otrzymana ze wzoru wartość około  $50 \mu\text{V/m}$  jest zbyt wielką, w rzeczywistości bowiem natężenie pola jest znacznie mniejsze, gdyż nie uwzględniono wpływów tłumiących terenów silnie zabudowanych i lasu. Po uwzględnieniu tej

poprawki natężenie pola wypada około  $10 \mu\text{V/m}$  (dla dipolowej anteny bez reflektora). Reflektor z direktoorem wzmacnia około 12 db, tak, że ostatecznie można przyjąć, iż na wejściu do odbiornika mamy około  $20 \div 30 \mu\text{V}$ . Wartość ta niewiele odbiega od rzeczywistości jak wynika z przeliczeń czułości odbiornika z uwzględnieniem wzmocnienia superreakcji 50 db, wzmocnienia detekcji około 14 db i wzmocnienia małej częstotliwości 45 db.

### 3. Ogólny schemat urządzenia.

Układ połączeń przedstawiony jest w uproszczonym schemacie na rys. 3; każda stacja składa się z trzech zasadniczych części: stojaka rozdzielczego, urządzenia nadawczego oraz urządzenia odbiorczego. Na stojaku zmontowano część zasilającą stację, a więc transformatory, prostowniki, urządzenia stabilizujące napięcie i t. p., poza tym na stojaku znajduje się modulator i drugi stopień wzmocnienia małej częstotliwości odbiornika, oraz aparatura przyłączeniowa do centrali telefonicznej i urządzenia sygnalizacyjne. Stacja zasilana jest z sieci pr. zm. 220 V i pobiera około 200 W. Z tej mocy większa część tracona jest w opornikach, prostownikach, urządzeniach stabilizacyjnych jak stabilowolty i baretery. Do generatora dostarczana jest moc: do anody 24 W, do magnesów 10 W oraz do żarzenia 12 W czyli ogółem 45 W.

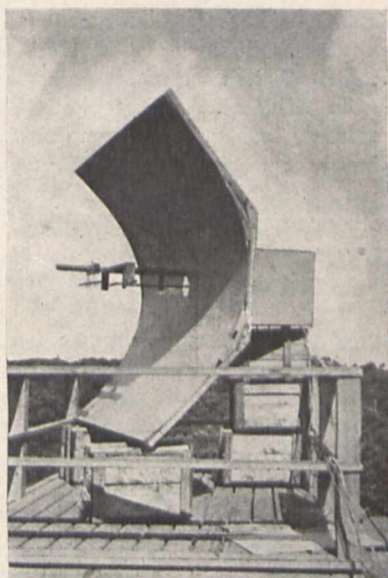


Rys. 5.

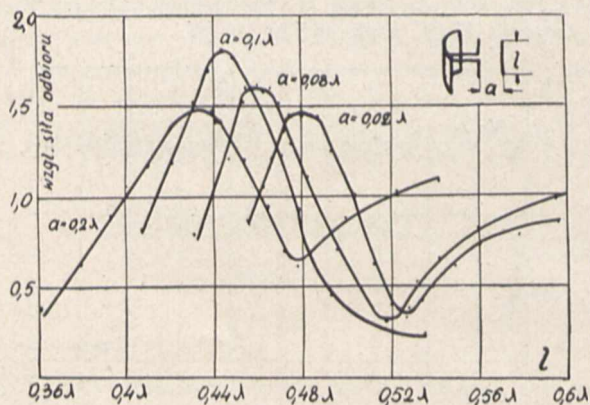
Urządzenie nadawcze składa się z generatora magnetronowego i układu antenowego; generator jest umieszczony w skrzyni metalowej, połączonej konstrukcyjnie ze szkieletem reflektora (rys. 4). Urządzenie odbiorcze składa się z detektora, generatora superreakcyjnego i jednego stopnia wzmocnienia małej częstotliwości oraz układu antenowego. Analogicznie jak w urządzeniu nadawczym te części odbiornika są umieszczone w skrzyni metalowej, połączonej z reflektorem odbiorczym.

Stołość fali generatora magnetronowego uzyskano przez stabilizację napięć zasilających. Jakkolwiek dzisiaj istnieją już dość dobre metody stabilizacji częstotliwości kwarcem, turmalinem lub przy pomocy obwodów o niskim współczynniku mocy, jednak odnoszą się one przeważnie do układu z lampą trójelektrodową. W odniesieniu do magnetronu sprawa stabilizacji częstotliwości nie jest technicznie rozwiązana.

Zaobserwowano na jednej ze stacji dość znaczne wahania napięcia sieci w czasie kilku sekund lub nawet w ułamkach sekundy; przyczyną tych wahań są spadki napięć, wywołane przez pracę urządzeń technicznych (sieć miejska jest zasilana przez podstację; chwilowe duże obciążenia pochodzą od dźwigów). Wahania te są tak nagłe, że urządzenia stabilizujące napięcie żarzenia i magnesów (baretery) nie nadążają reagować, wskutek czego zmienia się moc nadajnika; na odbiór ma to wpływ b. wielki jak można się przekonać z rys. 5, przedstawiającego napięcie akustyczne na wyjściu odbiornika z funkcji czasu.



Rys. 6.



Rys. 7.

#### 4. Układ antenowy.

Układy antenowe urządzeń nadawczych i odbiorczych są identyczne i składają się z dipoli (anten symetrycznych), reflektorów parabolicznych, dipoli skupiających (direktorów), oraz linii zasilających antenę (feederów) (rys. 6). Dipole antenowe zbudowane są z rurki miedzianej o zewnętrznej średnicy 6 mm mają długość konwencjonalną  $\frac{1}{2} \lambda$ . Odległość rurek, stanowiących linie zasilające, została eksperymentalnie tak dobrana, by oporność falowa linii była równa oporności anteny w punkcie zasilania (zasilanie falą bieżącą), odległość ta wynosi 5 mm. Antena umieszczona jest w ognisku parabolicznego walcowego reflektora o rozwarości około  $1,5 \lambda$ , i wysokości również  $1,5 \lambda$ , a ogniskowej  $0,28 \lambda$ , odpowiadającej t. zw. pierwszemu maksimum. Przed anteną umieszczono w odległości około  $0,1 \lambda$  dipol (direktor) o 5 — 10% krótszy od anteny; zadaniem tego dipola jest odbicie promieniowania bezpośredniego anteny na powierzchnię reflektora. Unika się w ten sposób przesunięcia fazy między promieniowaniem bezpośrednim, a odbitym i osiąga się większe skupienie promieniowania niż w warunkach zwykłych. Maksymalne wzmocnienie otrzymane przez zastosowanie direktora wynosi około 12 db czyli dwa razy więcej niż bez niego.

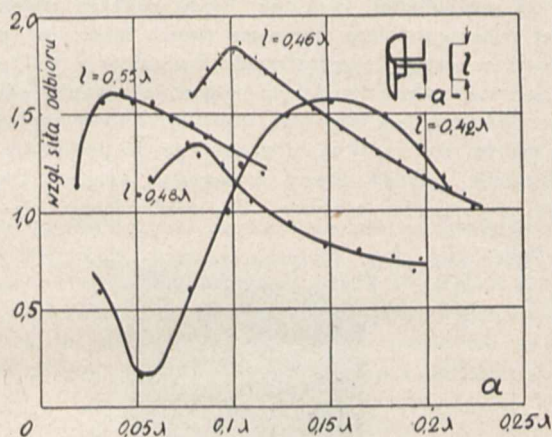
Zarówno długość jak i odległość direktora od anteny musi być dobrana dla otrzymania tego maksymalnego wzmocnienia. Krzywe, przedstawiające wyniki odpowiednich badań przedstawiono na rys. 7 i 8. Krzywe te otrzymano, modulując nadajnik na jednej ze stacji napięciem

akustycznym (1 000 c/s) o stałej amplitudzie, i mierząc efekt na wyjściu odbiornika na drugiej stacji. Otrzymane w ten sposób wyniki pomiarów przeliczono na skalę liniową w założeniu, że odbiornik (superreakcja, małe amplitudy) posiada logarytmiczną charakterystykę czułości (15).

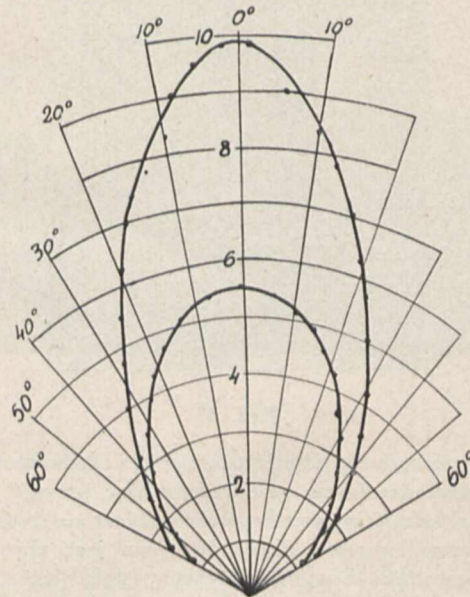
Krzywe podane na rys. 7 przedstawiają zależność siły odbioru w funkcji długości direktora, umieszczonego w różnych odstępach od dipola głównego (anteny). Krzywe na rys. 8 przedstawiają tę zależność w funkcji odległości direktora od anteny dla różnych długości direktora. Antena we wszystkich powyższych przypadkach była umieszczona w ognisku reflektora, a długość jej wynosiła  $\frac{1}{2} \lambda$ .

Jak widać z rys. 7 i 8, najlepsze wyniki otrzymano dla direktora o długości około  $0,45 \lambda$ , umieszczonego w odległości około  $0,1 \lambda$  przed anteną. Wynik powyższy jest zgodny z wynikiem otrzymanym przez Rotha (16) dla anteny o długości  $\frac{1}{2} \lambda$  i reflektora, złożonego z pojedynczego dipola; otrzymał on maksymalne wzmocnienie energii wypromieniowanej w kierunku reflektor-antena przy odległości dipoli równej  $0,125 \lambda$ . W naszym przypadku warunkowi temu odpowiada maksimum energii rzuconej przez zespół antena-direktor na reflektor, a minimum energii wypromieniowanej przez antenę i direktor w kierunku wiązki.

Rys. 9 przedstawia charakterystyki biegunowe reflektora, zdjęte doświadczalnie w sposób opisany, dla reflektora przystosowanego do fali 1,60 m. Pomiarów dokony-



Rys. 8.



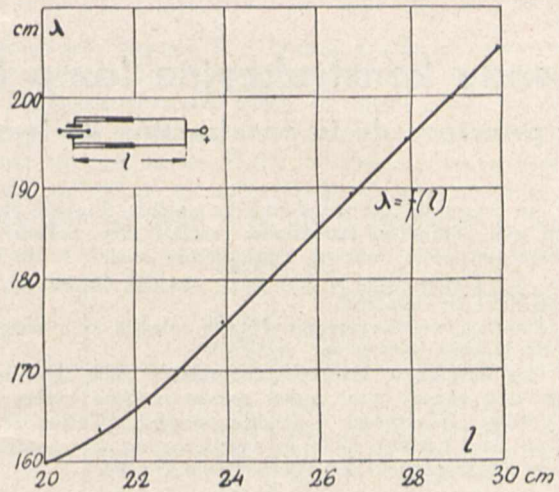
Rys. 9.

wano dla fali 1,70 m ze względów, które będą omówione niżej. To niedopasowanie reflektora do fali przy równoczesnym zastosowaniu direktora, jak wynika z przeprowadzonych eksperymentów, ma wpływ niewielki na rozwarłość wiązki. Krzywa wewnętrzna na rys. 9 przedstawia charakterystykę biegunową dla reflektora bez direktora, krzywa zewnętrzna zaś tę samą charakterystykę przy zastosowaniu dipola skupiającego promieniowanie, dobrane go najkorzystniej. Dla pierwszego przypadku wzmocnienie wynosi ok. 8 db, dla drugiego zaś 12 db. Tak małe wzmocnienie reflektora znajduje wyjaśnienie w tym, że ma on zbyt małe wymiary w stosunku do długości fali. Efekt dipola skupiającego jest równoznaczny z czterokrotnym podniesieniem mocy nadajnika. Z charakterystyki wynika, że główne zadanie direktora nie polega na skupianiu promieniowania, lecz na zrównaniu faz promieniowania odbitego i bezpośredniego, gdyż kierunkowość zwiększa się w bardzo małym stopniu.

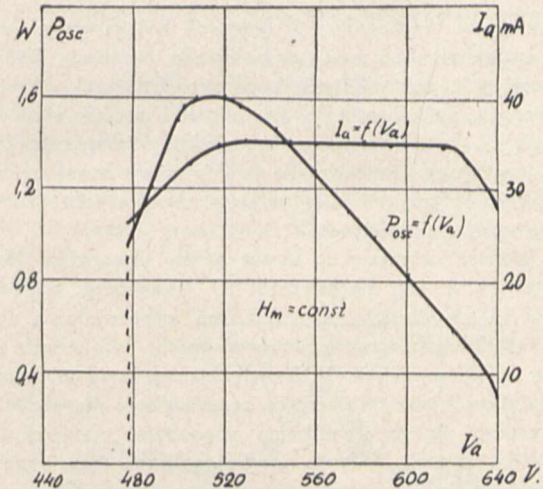
5. Nadajnik.

Nadajnik i odbiornik zmontowane są w szczelnych żelaznych skrzyniach, (stanowiących zarazem ekrany magnetyczne) zmontowanych z tyłu za reflektorem. Z przodu skrzyni znajduje się okienko z trolitulu, przez które przepuszczone są linie zasilające antenę. Wewnątrz skrzyni żelaznej znajduje się druga skrzynia z glinu, stanowiąca ekran elektryczny. Rys. 10 podaje schemat nadajnika magnetronowego, rys. 11 jego widok. Generator pracuje w zakresie drgań dynatronowych na fali 1,70 m dla jednego kierunku i 1,90 m dla drugiego kierunku. Należy zaznaczyć, że były robione próby z drganiami elektronowymi na fali 20 ÷ 30 cm, ale, ze względu na małą moc i trudności po stronie odbiorczej, projekt ten zarzucono.

Generator umieszczony jest na drewnianej podstawie, (rys. 11), przesuwającej się po szynach, dzięki czemu można zmieniać sprzężenie z pętlą, będącą zakończeniem ob-



Rys. 12.

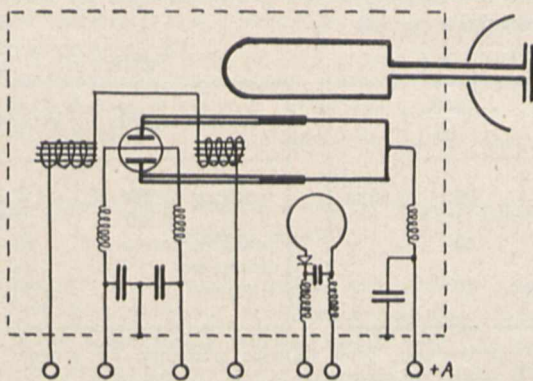


Rys. 13.

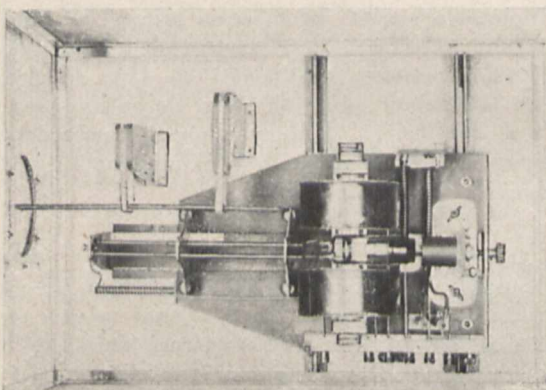
wodu anteny; długość pętli może być zmieniana teleskopowo. Obwód nadajnika jest strojony również przez teleskopowe wsuwanie rurki 4 mm do rurki 6 mm. Dokładna regulacja jest umożliwiona przy pomocy urządzenia śrubowego. Zależność długości fali od długości obwodu przedstawia rys. 12.

Do wytwarzania oscylacji używano trzech typów lamp: magnetronu Marconi'ego typu CW 10, który nie dawał dość dobrych wyników ze względu na małą moc i zbytnią stromość i krótkość charakterystyk statycznych modulacji oraz związaną z tem niestałość punktu pracy i zniekształcenia. Drugą lampą używaną był magnetron Marconi'ego typu CW 11 z przeciekami umieszczonymi naprzeciwko szczelin w celu uniknięcia bezpośredniej emisji katody w kierunku szczelin. Charakterystyki tej lampy są odpowiednie do modulacji. Wreszcie stosowany był magnetron opracowany w P. I. T., różniący się od magnetronu Marconi'ego niektórymi danymi charakterystycznymi i materiałami użytymi przy budowie. Z krzywej podanej na rys. 13, a przedstawiającej prąd oscylacyjny w funkcji napięcia anodowego dla lampy P. I. T. wynika, jak należy dobierać warunki dla modulacji. Przy obraniu punktu pracy należy uważać na to, by z jednej strony nie występowało przemodulowanie połączone ze zniekształceniami nieliniowymi (zakrzywienie charakterystyki) oraz by z drugiej strony nie było zrywania się drgań. Z tych względów, mimo że magnetron był zdolny dać 4 ÷ 6 W mocy w antenie, obrano taki punkt, że moc nie przekraczała 2 W. Modulację zastosowano w anodzie magnetronu.

(d. c. n.)



Rys. 10.



Rys. 11.

# Zasady konstrukcyjne lamp katodowych nowych typów

## Les principes de la construction de lampes électroniques à émission secondaire

Dr. Witold Majewski

Au cours de quinze dernières années il avait été reconnu que l'émission secondaire pouvait être utilisée pour amplifier un petit courant électronique initial et de nombreux chercheurs dans divers pays avaient concentré leurs efforts dans ce domaine.

L'auteur décrit certains détails relatifs à la construction de lampes basées sur cette idée.

Les lampes à émission secondaire sont des instruments trop récent pour qu'on puisse prédire toutes leurs applications. Néanmoins il semble possible qu'elles deviennent un rival sérieux dans de nombreux domaines pour les lampes électroniques actuellement employées.

### Wstęp.

Źródłem elektronów w lampach katodowych, używanych w technice są zazwyczaj katody żarzone. Wykorzystuje się tu t. zw. efekt Richardzona (Edisona), polegający na tem, że pewne metale lub związki metali ziem alkalicznych po ogrzaniu do odpowiedniej temperatury wysyłają elektrony. Inne źródła elektronów, znane z badań fizycznych, (7, str. 54<sup>1</sup>), dotychczas nie znalazły szerszego zastosowania w praktyce.

Ostatnio czynione są liczne próby (Zworykin, Morton i Malter (1, 2, 11), Farnsworth (4), Henneberg, Orthuber i Steudel (3), Kubieckij (13, 14) i inni wykorzystania w lampach katodowych zjawisk wtórnej emisji, jako źródła elektronów. Ciekawem jest, że konstruktorzy lamp katodowych uważali dotychczas to zjawisko za szkodliwe dla pracy lampy i starali się je wszelkimi sposobami zmniejszyć lub całkowicie usunąć. Jedynie w generatorach dynatronowych zastosowano je dla uzyskania ujemnej wewnętrznej oporności lampy trójelektrodowej, pracującej przy wysokich dodatnich potencjałach początkowych siatki, a niskich anody (5).

Zjawisko wtórnej emisji (6) polega, jak wiemy, na tem, iż elektrony (zwane pierwotnymi), bombardując płytki metalowe, wybijają z nich elektrony (zwane wtórnymi), przyczem o ile powierzchnia płytki jest odpowiednio przygotowaną jeden elektron pierwotny może wybić do 8 — 10 wtórnych.<sup>2</sup>) Możemy to wykorzystać do wzmacniania słabych strumieni elektronowych (uzyskanych np. na drodze fotoelektrycznej) przez rzucenie ich na płytkę metalową, której powierzchnia pod wpływem bombardowania elektronami staje się źródłem elektronów wtórnych. Oznaczając przez  $\delta$  ilość elektronów wtórnych, wybijanych przez jeden pierwotny oraz przez  $I_0$  natężenie strumienia bombardującego, otrzymamy na natężenie strumienia elektronów wtórnych następujący wzór:

$$I = \delta \cdot I_0 \dots \dots \dots (1)$$

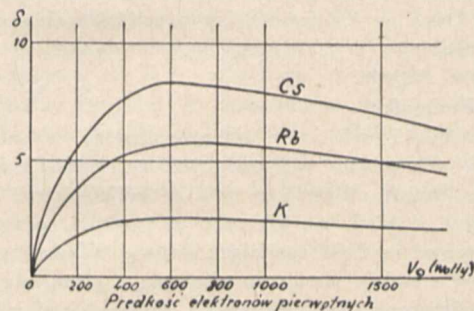
Dla zdania sobie sprawy ze znaczenia wtórnej emisji jako źródła elektronów, w zastosowaniach praktycznych porównajmy dla różnych źródeł elektronów wartości prądów emisyjnych ( $W$ ), przypadających na jeden wat mocy zużytej. Oznaczając przez  $V_0$  prędkość elektronów bombardujących, wyrażoną w voltach, otrzymamy dla wtórnej emisji:

<sup>1</sup>) Patrz spis bibliograficzny w końcu artykułu.

<sup>2</sup>) W krótkiej notatce W. Malter (12) komunikuje, iż udało mu się uzyskać anormalnie dużą emisję wtórna elektronów (do 1000 elektronów wtórnych na jeden pierwotny) przy użyciu utlenionych płytek aluminiowych, pokrytych cezem.

$$W = \frac{I}{P} = \frac{\delta I_0}{I_0 V_0} = \frac{\delta}{V_0} \dots \dots \dots (2^a)$$

Widzimy stąd, że wydajność wtórnej emisji jest wprost proporcjonalna do współczynnika  $\delta$ , a odwrotnie proporcjonalna do prędkości elektronów pierwotnych. Zaznaczmy pozatem, że wartość  $\delta$  zależy od rodzaju materiału bombardowanej płytki, stanu jej powierzchni oraz prędkości elektronów, padających na nią (por. rys. 1 oraz (6), str. 25,



Rys. 1.

tabl. VII). Z krzywych podanych na rys. 1 można z łatwością dla danej powierzchni obliczyć  $W$  w funkcji  $V_0$ . Na rys. 2 przytoczono krzywą przedstawiającą zależność  $W = f(V_0)$ , otrzymaną przez Zworykina dla powierzchni Cs — CsO — Ag, zaś w tabl. I podano kilka liczb charakterystycznych. Dla porównania zebrano w tabl. II dla katod, używanych w dzisiejszej technice budowy lamp, wartości prądów emisyjnych, przypadających na jeden wat mocy zużytej.

Tablica I.

$V_0$	$W \frac{mA}{W}$	
30	60	max
100	45	
500	17	

Tablica II.

Rodzaj katody	$W \frac{mA}{W}$
wolfram 2600° K	9,25
" 2700° K	17,5
wolfram torowany	50—75
tlenkowe . . . . .	do 100
barowe . . . . .	do 150

Z porównania tych danych widzimy, że wtórna emisja jako źródło elektronów nawet w obecnym stanie wiadomości o tym zjawisku nie może być nie zaliczoną do źródeł ekonomicznych.

Niebywałe wprost wzmocnienia słabych wiązek elektronów można uzyskać przy użyciu wielokrotnej (kaskadowej) emisji wtórnej, polegającej na tem, że uzyskany strumień elektronów wtórnych rzuca się na następną płytkę i t. d. Przyjmując, iż mamy  $n$  płytek bombardowanych znajdziemy, że w końcowym wyniku prąd będzie posiadał natężenie:

$$I_n = I_0 \cdot \delta^n \dots \dots \dots (3)$$

I tak np. przyjmując  $\delta = 8$  otrzymujemy wzmocnienie dla trzech płytek równe  $8^3 = 512$  zaś przy 10 — przeszło tysiąc milionów razy.

Dla wykorzystania zjawisk wtórnej emisji do zastosowań praktycznych trzeba przede wszystkim znaleźć dawałające rozwiązania dwóch zagadnień:

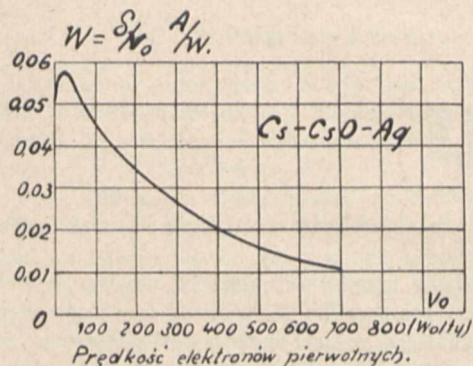
<sup>a</sup>) P — moc elektronów pierwotnych:  $P = I_0 V_0$ .

1. przygotowywania płytek bombardowanych, które posiadałyby duży współczynnik wtórnej emisji ( $\delta$ ).

2. zaprojektowania odpowiednich układów zbierających elektrony, wyzwalań z płytek i skierowujących je ku następnym.

Pierwsze zagadnienie wiąże się bezpośrednio z badaniami zjawisk wtórnej emisji elektronów, które zostały przeze mnie omówione z punktu widzenia poglądów fizyki współczesnej w jednym z moich poprzednich artykułów (6). Bez dokładnego zbadania tych zjawisk tak pod względem teoretycznym jak i doświadczalnym wątpliwym jest uzyskanie tu przez technikę zadawalających wyników.

Drugie zagadnienie może być rozwiązane na gruncie niedawno powstałego działu fizyki — geometrycznej optyki



Rys. 2.

elektronów; nad ugruntowaniem podstaw tego działu usilnie teraz grają tak w zakładach naukowych przy uczelniach akademickich jak i w pracowniach badawczych wielkich firm przemysłowych (np. RCA, AEG). Przodują dotychczas w tych pracach Niemcy, Stany Zjednoczone A. P. i Rosja. Podstawy fizyczne optyki elektronów starałem się możliwie systematycznie i jednolicie ująć w artykule ogłoszonym poprzednio (7).

Poniżej ograniczam się więc do podania ogólnych zasad konstrukcyjnych nowych lamp, których opisy zostały niedawno ogłoszone w zagranicznej literaturze fachowej.

### I. Przygotowanie warstw o dużym współczynniku wtórnej emisji<sup>4)</sup>.

Jednym z głównych zadań konstruktora nowych lamp jest przygotowanie specjalnych warstw, posiadających duże współczynniki wtórnej emisji ( $\delta$ ). Te sprawy są dotychczas bardzo mało zbadane (por. (6), str. 20), zaś znane fakty doświadczalne są często sprzeczne między sobą. Z danych istniejących w literaturze fachowej wynika naogół, iż dużą emisję wtórną powinny posiadać metale alkaliczne, które odznaczają się małą wartością efektywnej pracy wyjściowej elektronu z metalu (por. np. (6) krzywa na rys. 5B). W laboratorium RCA w Camden były wypróbowane przez Zworykina i jego współpracowników płytki Ag, Be, Ta, Ni, Al, Zr, Ca, W, Cr itd., pokryte warstwą Na, K, Rb i Cs. Najlepsze rezultaty otrzymano z płytkami Ag, Be lub Zr, pokrytymi warstwą cesu. Podobnie i Weiss

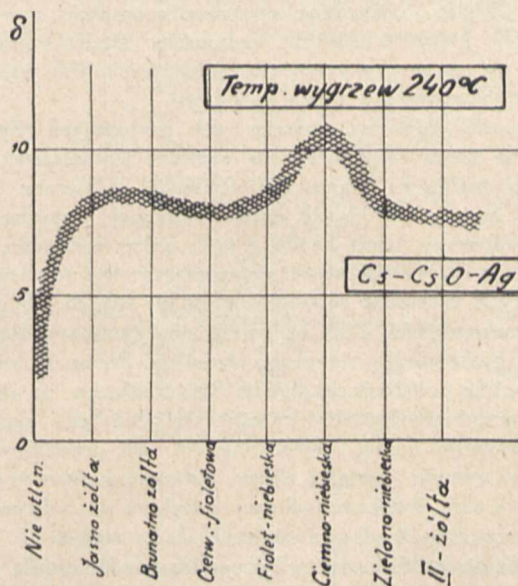
<sup>4)</sup> Technika przygotowania warstw o dużym współczynniku wtórnej emisji jest analogiczną do techniki uzyskiwania warstw światłoczułych dla komórek fotoelektrycznych. Szczegółowy opis metody otrzymywania tych ostatnich jest opisany przez Prescottta i Kelly'ego (16). Pomiedzy zjawiskami fotoelektrycznymi o wtórnej emisji, zdając się, ścisły związek. Z wielu względów byłoby bardzo pożądanym, systematycznie zbadanie tego związku, co dotychczas nie jest zrobione.

(10) stwierdził, mierząc  $\delta$  w funkcji prędkości pierwotnych elektronów (rys. 1) dla warstw K, Rb i Cs, umieszczonych na utlenionych płytkach srebra, iż odpowiednio przygotowane warstwy cezu posiadają największe wartości współczynnika wtórnej emisji. Badał on również wpływ rodzaju podłoża, na którym są umieszczone warstwy emitujące na wielkość wtórnej emisji (Tabl. III). Z otrzymanych danych,

Tablica III.

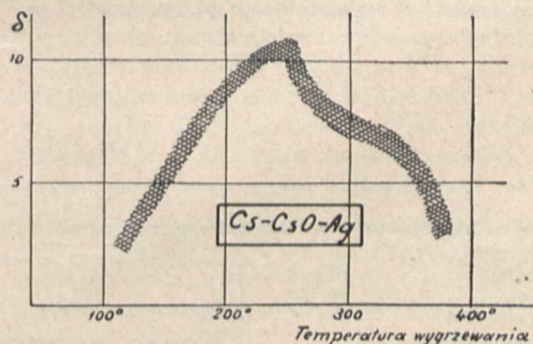
Podłoże	$\delta_{max}$	dla $V_0$ wolt.	Podłoże	$\delta_{max}$	dla $V_0$ wolt.
Mg . . .	6,8—7,5	700	Mo . . .	2,5—3,1	500
Al . . .	5,4—4,7	600	Ag . . .	8—11	600
Fe . . .	2,7—2,9	500	Ta . . .	4,5—5,5	600
Ni . . .	4,6—5,2	550	W . . .	3,8—3,9	600
Cu . . .	3,5—4,0	600	Au . . .	2,3	600
Zn . . .	4,5—5,4	600	Pb . . .	2,3—3,3	650

zdaje się, wynikać, iż rodzaj podłoża, nie ma bezpośredniego wpływu; pewien wpływ posiada raczej jego zdolność utleniania się. Oprócz więc srebra nadawałby się tu jeszcze Mg (Tabl. III) oraz według Zworykina Be i Zr. Utlenianie płytki srebra odbywa się w ten sposób, iż umieszcza się ją w atmosferze tlenu i wywołuje wyładowania elektryczne. O stopniu utleniania Weiss (10) sądził z barwy



Rys. 3.

płytki. Utlenioną płytkę srebra pokrywa się warstwą cezu i wygrzewa w odpowiedniej temperaturze. Podczas wygrzewania część Cs utlenia się, część zaś wyparowuje (warstwa staje się cieńsza). Maksimum fotoefektu uzysku-



Rys. 4.

je się, gdy warstwa cezu jest grubości kilku atomów. Z pomiarów Weiss'a wynika, że stopień utlenienia płytki, w przeciwieństwie do fotoefektu, w dość dużych granicach nie wpływa na wartość wtórnej emisji. Wyrażne maksimum ( $\delta = 10 - 11$ ) występuje, gdy płytka posiada barwę ciemno-niebieską (rys. 3). Zależność współczynnika wtórnej emisji ( $\delta$ ) od temperatury wygrzewania wskazuje krzywa na rys. 4. Największą wartość  $\delta$  uzyskuje się, gdy ta temperatura wynosi 220 — 250° C.

Z tych danych widzimy, że współczynnik wtórnej emisji zależy od rodzaju warstwy emitujących, prędkości elektronów bombardujących, stanu powierzchni podłoża, temperatury wygrzewania, pozatem zależy on jeszcze i od kąta padania elektronów na powierzchnię emitującą (por. (6) str. 26).

Zwrócić należy tu uwagę, iż wytwarzanie powierzchni, dających dużą wtórną emisję, znajduje się jeszcze w stadiu badań laboratoryjnych. Wiele mamy tu jeszcze niejasności, które należałoby usunąć. Z punktu widzenia zastosowań praktycznych ważną sprawą jest możliwość odtwarzania warstw emitujących o tych samych własnościach (co nie zostało jeszcze osiągnięte) oraz uzyskanie dużej trwałości tych warstw. Dkazało się, iż warstwy Cs — CsO — Ag ulegają łatwo zniszczeniu przy wzroście temperatury jak również przy bombardowaniu jonami. Farnsworth, podobno, (4) zdołał uzyskać warstwy, wytrzymujące do 1000° C, — o czym będzie mowa niżej.

(C. d. n.)

## WIADOMOŚCI TECHNICZNE

### Rurka katodowa jako wskaźnik kierunku samolotów.

(Communication and Broadcast Engineering, sierpień 1936, str. 17).

Amerykańskie towarzystwo Airplane and Marine Direction Finder Corporation opracowało ostatnio nowy typ wskaźnika kierunku lotu dla samolotów (Radiokompas), w którym po raz pierwszy została zastosowana jako wskaźnik optyczny braunowska rurka katodowa.

Zasada działania aparatu jest następująca. Sygnały stacji, na którą skierowuje się samolot (radiolatarnia lub dowolna nadawcza stacja radiofoniczna) odbierane są za pomocą dwóch oddzielnych anten: pionowej i ramowej. Sygnały odbierane przez każdą z tych anten wzmacniane są za pomocą dwóch osobnych wzmacniaczy, obwody wyjściowe których załączone są odpowiednio do dwóch par płytek rurki braunowskiej. Pod wpływem obu tych sygnałów na ekranie rurki zjawia się plama świetlna. Plama ta zajmuje odpowiednie położenie względem linii środkowej na ekranie rurki i przybiera kształty, zależne od odchylenia samolotu od właściwego kursu. Jeżeli samolot leci prawidłowo, to plama przyjmuje kształt elipsy ustawionej symetrycznie względem linii środkowej ekranu (większa oś pokrywa się z pionową linią środkową ekranu). O ile stacja, do której leci samolot znajdzie się na lewo od kursu, to i cała elipsa obraca się na ekranie dookoła swego środka w lewo. Przy odchyleniu samolotu w stronę przeciwną elipsa przekreca się na prawo. Gdy samolot znajduje się nad „docelową” stacją, to na ekranie pośrodku tworzy się plama kołowa. Czułość urządzenia jest tego rzędu, że w odległości 200 — 300 km radiofoniczna stacja o mocy 50 kilowatów może dać zupełnie wyraźny sygnał świetlny na ekranie. Czułość kierunkowa może być regulowana w granicach od 1° do 15° — 20° odchylenia promienia świetlnego na ekranie rurki bra-

unowskiej na 1° odchylenia samolotu od właściwego kierunku lotu.

Zasilanie urządzenia samolotu odbywa się z 12-woltowej baterii rozrusznika. Ciężar całości wynosi około 38 kg. W wypadku, gdy antena pionowa jest odłączona, rurka braunowska może służyć jako zwykły wskaźnik radiogoniometru. Więcej niż 150-godzinne próby nad najrozmaitszymi terenami (góry, równiny, nad morzem, wzdłuż wybrzeży i t. d.) dały wyniki stwierdzające niezawodność i pewność działania urządzenia.

## SPROSTOWANIE

W artykule J. Szpitbauma p. t. „Sprzężenie zwrotne regulowane pojemnościowo” umieszczonym w Przegl. Radiot. XIV, z. 17 — 18 i 19 — 20, zauważono następujące omyłki:

str. 113, wiersz 14 od góry, we wzorze przed ostatnim słowem brak znaku minus;

str. 113, wzór (9), zamiast  $(1 - \frac{\rho}{R})$  powinno być  $(1 - \frac{\rho}{R})$ ;

str. 121, rys. 4, zamiast  $k > 20$  powinno być  $k > 30$ ;

str. 121, rys. 5, zamiast  $k < 20$  powinno być  $k < 30$ ;

str. 121, wzór (26), zamiast

$$k = \frac{2 \left( \frac{L_p}{L_s} \right) - 1}{\sqrt{\frac{L_p}{L_s}}} \quad \text{powinno być} \quad k = \frac{2 \left( \frac{L_p}{L_s} - 1 \right)}{\sqrt{\frac{L_p}{L_s}}};$$

str. 121, drugi wiersz pod wzorem (26) zamiast  $k \approx 20$  powinno być  $k \approx 30$ .



PRZEDPŁATA:  
kwartalnie . . . . . zł. 9.—  
rocznie . . . . . zł. 36.—  
zagranicą + 50%  
za zmianę adresu  
(znakami pocztowymi) gr. 50

Biurowisko Redakcji i Administracji: Warszawa Królewska 15, II piętro  
telefon Nr 690-23.

Administracja otwarta codz. od godz. 9 do 15 w soboty od 9 do 13

Konto czekowe w P. K. O. Nr. 363

Ceny ogłoszeń  
podaje administracja  
na zapytanie.