

PRZEGLĄD RADJOTECHNICZNY

ORGAN STOWARZYSZENIA RADJOTECHNIKÓW POLSKICH

pod naczelnym kierunkiem prof. M. POŻARYSKIEGO.

Rok V.

1 Lutego 1927 r.

Zeszyt 3—4

Redaktor inż. mjr. K. KRULISZ.

Warszawa, Nowowiejska 54, tel. 252-75.

STAN OBECNY TECHNIKI FAL KRÓTKICH.

Mjr. inż. K. Krulisz. ¹⁾

1. *Definicja fal krótkich.* Przeprowadzenie ścisłej granicy między falami krótkimi i długimi nie jest rzeczą łatwą. Szereg bowiem własności i zjawisk, które cechują fale „krótkie”, spotykamy również u fal, będących od dawna w zastosowaniu, i wśród fal krótkich wyróżnić możemy grupy, posiadające mniej lub więcej odrębne własności. Naogół jednakże pod mianem fal krótkich zwykło się rozumieć fale poniżej 250 metrów, chociaż niektórzy autorowie przesuwają tę granicę do 100 — 125 m. Fale te, do niedawna prawie nie używane, zdobyły sobie w ostatnich latach wielki rozgłos, dzięki temu, że przy ich pomocy udało się osiągnąć niebываłe wprost zasięgi bardzo małą mocą. Lecz nie należy przypuszczać, że fale rzędu kilku do kilkunastu metrów są odkryciem nowym—przeciwnie, są to fale, które pierwsze były przedmiotem doświadczeń tak naukowych (Hertz), jak i praktycznych (Marconi). Że fale te później zupełnie poszły w zapomnienie, przypisać to należy okoliczności, iż z powodu niedoskonałości ówczesnych urządzeń odbiorczych rozwój radjotelegrafii poszedł w kierunku wysokich anten i wielkich mocy nadawczych, co przy używanym podówczas systemie iskrowym, a później poulsenowskim, zmuszało do stosowania fal o długości conajmniej kilkuset metrów. Dopiero z chwilą, gdy generatory lampowe pozwoliły wytwarzać dostateczną moc drgań szybkozmiennych o dowolnej częstotliwości, pierwszy Marconi wraz z C. J. Franklinem powrócili do fal krótszych (1916), tym razem celem wykorzystania ich dla nadawania kierunkowego, do którego doskonale się nadawały z powodu małych wymiarów anten.

Drugim czynnikiem, który zwrócił uwagę na fale krótkie, było ograniczenie radjoamatorów w Ameryce do fal poniżej 125 m. Ograniczenie to spowodowało, że w roku 1923, w związku z amatorskimi próbami komunikacji transatlantyckiej, stwierdzono znaczną wyższość fali 100 m dla tej komunikacji, nad falami niewiele dłuższymi. Fakt ten dał impuls do prób w kierunku fal jeszcze krótszych, które dały nadspodziewane wyniki i zainteresowały poważne koła naukowe i przemysłowe. Obecnie, w ciągu trzech zaledwie lat, fale krótkie zdobyły sobie prawo obywatelstwa w radjokomunikacji i w wielu wypadkach znalazły już zastosowanie praktyczne. Zaznaczyć jednakże należy, że komunikacja krótkofalowa jest ciągle jeszcze dziedziną mało znaną i wymagającą wielostronnych, systematycznych studjów, zanim fale te

staną się środkiem technicznym, równorzędnym falom t. zw. długim.

2. *Charakterystyka fal krótkich.* Jak już wspomniano, w dziedzinie fal krótkich wybitnie zaznaczają się pewne charakterystyczne zjawiska, które bynajmniej nie ograniczają się wyłącznie do tego zakresu fal, spotykamy je częściowo również u fal dłuższych, w szczególności w zakresie t. zw. fal broadcastingowych. Do takich cech charakterystycznych zaliczyć należy:

1) Przestrzenie martwe, pewne obszary, rozmieszczone mniej więcej współśrodkowo dookoła stacji nadawczej, na których danej stacji nie słychać, podczas gdy w większych odległościach stacja zjawia się ponownie ze znaczną nieraz siłą odbioru.

2) Zjawisko zanikania (fading), polegające na mniej lub więcej perjodycznych wahaniach siły odbioru.

3) Znaczna różnica między siłą odbioru w dzień i w nocy, dochodząca do tego, że pewną stacją w pewnej porze dnia słychać nadzwyczaj głośno, podczas, gdy przez resztę dnia nie słychać jej wcale.

4) Istnienie pewnych fal najkorzystniejszych dla danych warunków, w bezpośrednim sąsiedztwie fal zupełnie niekorzystnych.

5) Istnienie fal najkorzystniejszych w zależności od pory dnia i roku oraz od szeregu bliżej jeszcze nie określonych warunków.

6) Silne zmiany polaryzacji fal, na większych odległościach, tak dalece, że pomiary radjogoniometryczne nie prowadzą do żadnych wyników.

Wreszcie jedna jeszcze cecha, stanowiąca równocześnie poważną zaletę fal krótkich, to

7) znacznie mniejsze zakłócenia atmosferyczne, niż na falach długich, gdyż — jak okazała dotychczasowa praktyka, — zakłócenia te pozostają prawie że w stosunku odwrotnym do długości fali.

Cechy, przytoczone pod 1) do 6), są wynikiem specjalnych warunków, dzięki którym fale krótkie pokonywują odległości rzędu kilku do kilkunastu tysięcy km przy minimalnym nakładzie energii. By więc bliżej wnikać w ich istotę, rozpatrzmy najpierw nieco szerzej zjawiska rozchodzenia się fal według klasycznej teorii, przyjętej dla fal długich, następnie zaś na zasadzie zaobserwowanych faktów postaramy się dać pewien obraz hipotez, wyjaśniających odmienne zachowanie się fal krótkich.

¹⁾ Referat wygłoszony na posiedzeniu odczytowym S.R.P. dnia 20 października 1926.

3. *Rozchodzenie się fal elektromagnetycznych.* Dotychczasowa, klasyczna, teoria rozchodzenia się fal elektromagnetycznych nad powierzchnią ziemi (J. Zenneck, A. Sommerfeld) przyjmuje, i doświadczenia poczynione nad falami t. zw. długimi, to potwierdzają, że w komunikacji na większe odległości przewagę nad falą promieniowaną w przestrzeń (t. zw. falą przestrzenną) posiada fala t. zw. powierzchniowa, rozchodząca się wzdłuż powierzchni ziemi dzięki jej przewodności. Składową pionową pola elektrycznego, jakie fala taka o długości λ km wytwarza w odległości D km od stacji nadawczej, wyraża z dostateczną dokładnością znany wzór pół-empiryczny Austin-Cohen'a

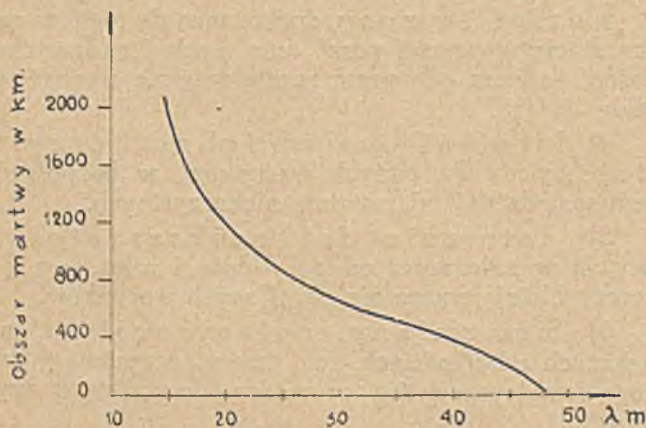
$$E = 377 \frac{I_1 h_1}{\lambda \cdot D} \cdot e^{-\frac{0,0015 D}{\lambda^{0,5}} \mu} \text{ V/m} \quad (1)$$

w których h_1 jest wysokością skuteczną anteny nadawczej w m, a I_1 wartością skuteczną natężenia prądu w pobliżu uziemieniu tej anteny, wyrażoną w amperach. Dyskusja wzoru Austin'a dowodzi, że dla każdej odległości istnieje pewna fala optimum, wyrażona równaniem.

$$\lambda_{\text{opt}} \approx 56 \cdot 10^{-6} D^2 \quad (2)$$

a więc im większa jest odległość, na którą pracujemy, tem dłuższą falę powinniśmy stosować.

Wskazania formuły Austin'a były do niedawna bezwzględnie miarodajne przy projektowaniu urządzeń radjokomunikacyjnych i dlatego nawet nie przy-

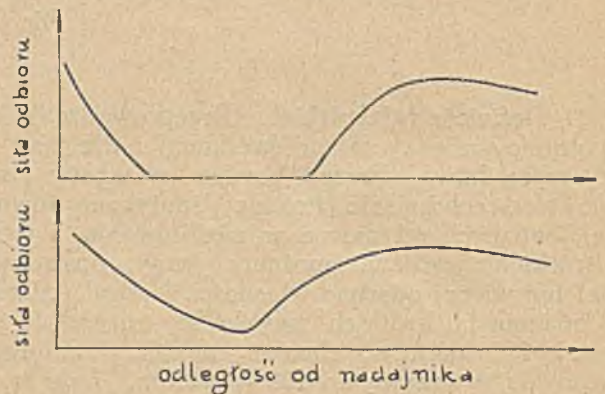


Rys. 1

puszczano, ażeby fale poniżej 100 m, ze względu na bardzo silne pochłanianie przez ziemię, mogły mieć jakiegokolwiek znaczenie praktyczne. Tymczasem przypadkowe obserwacje wykazały coś wręcz przeciwnego — a mianowicie przy pomocy znikomo małych energii nadawczych zdołano pokrywać odległości, sięgające kilku, a nawet kilkunastu tysięcy km. Były to wyniki, o których technika długofalowa nawet marzyć nie mogła. Było więc rzeczą oczywistą, że w tych wypadkach nie fala powierzchniowa, silnie pochłanianą przez ziemię, była czynnikiem przenoszącym energię na tak znaczne odległości, lecz że w grę wchodzi fala przestrzenna, odbywająca większą część swej drogi w znacznej odległości od powierzchni ziemi i od jej wpływów pochłaniających niezależna.

Że w istocie mamy tu do czynienia z promieniami elektromagnetycznymi, wysyłanymi pod pewnym kątem w górę, a następnie powracającymi na ziemię w pewnej odległości od anteny nadawczej, dowodzą fakty, przytoczone w poprzednim paragrafie.

4. *Obszary martwe.* Należy tu przedewszystkiem istnienie obszarów martwych, których położenie względem anteny nadawczej zależy w dużym stopniu od długości fali. A mianowicie z prac A. H. Taylor'a (5) wynika, że obszary martwe poja-



Rys. 2

wiają się przy falach poniżej 50 m, wzrastając w miarę skracania fali. Fale rzędu 20—15 m wykazują np. obszary martwe, rozpoczynające się w niewielkiej odległości od stacji nadawczej i rozciągające się na odległość 100 km i więcej. Szerokość obszarów martwych według Taylor'a i Hulburt'a, na podstawie obserwacji dziennych, podaje rys. 1-szy. Jest rzeczą znamioną, że w tej wtórnej strefie zasięgu fale wykazują często o wiele większą energję, niż w strefie bezpośredniego rozchodzenia się. U fal powyżej 50 m zazwyczaj obszarów zupełnie martwych nie ma, pojawiają się natomiast strefy o wybitnym minimum siły odbioru. Zjawisko to charakteryzują bardzo dobrze wykresy rys. 2, sporządzone przez H. Rukopa (2).

Dla fal rzędu 10 m dotychczas nie zaobserwowano jeszcze stref wtórnego zasięgu, z czego możnaby wnosić, że fale tych długości po oderwaniu się od ziemi już na nią nie powracają. Sprawy tej jednakże nie należy uważać za ostatecznie przesądzoną, albowiem z tego zakresu fal za mało jeszcze posiadamy materiału doświadczalnego.

Istnienie obszarów martwych i ich szerokość nie jest bynajmniej zjawiskiem stałym dla pewnych długości fal. Zaobserwowano np., że szerokość i odległość ich od stacji nadawczej zmienia się zależnie od pory dnia i roku, oraz że często w nocy pojawiają się one na falach powyżej 50 m.

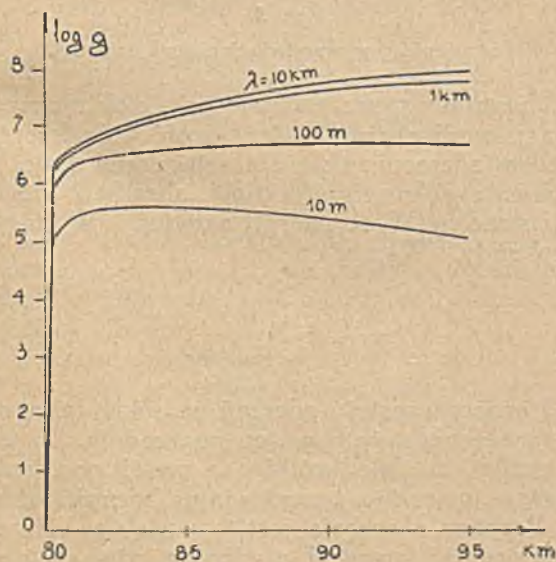
Opisane tu mniej lub więcej regularne obszary martwe, rozciągające się mniej więcej współśrodkowo dookoła anteny nadawczej, należy odróżnić od lokalnych obszarów martwych, pojawiających się często na falach nie tylko krótkich, lecz i na falach znacznie dłuższych (szczególnie w zakresie t. zw. broadcastingowym), a spowodowanych t. zw. cieniem elektromagnetycznym przeszkód terenowych, naturalnych lub sztucznych, kierunkowością anteny nadawczej i t. p. zjawiskami przypadkowymi. Odznaczają się one przeważnie charakterem wyspowym, podczas gdy normalne obszary

martwe tworzą przestrzeń zamkniętą dookoła nadajnika.

5. *Zjawisko zanikania (fading)*. Z istnieniem dwójakiego rodzaju fal, fali powierzchniowej i fali przestrzennej, wiąże się bezpośrednio zjawisko zanikania odbioru. Polega ono — jak wiadomo — na tym, że siła odbioru przejściowo słabnie na czas krótszy lub dłuższy, by następnie powrócić do pierwotnego natężenia. Charakter zanikania bywa różnorodny: może być perjodyczny o okresach trwających od kilku minut do ułamków sekundy lub też zupełnie nieregularny; czasami odbiór zanika i pojawia się stopniowo, czasami znów mamy ostre granice między okresami dobrego odbioru i zanikania. Ciekawą cechą zanikania jest jego charakter lokalny, nieraz bowiem w punktach odległych o kilkaset metrów zjawiska posiadają przebieg zupełnie różny.

Zanikanie nie jest zjawiskiem związanym wyłącznie z falami krótkimi. Pojawia się ono również na falach długich od 2 000 do 6 000 metrów, szczególnie o zachodzie słońca (6), lecz właściwym jego zakresem są fale od 80 do 300 m, z wybitnym maximum przy 200 do 250 m.

Ogólnie przyjmuje się, że zjawisko zanikania jest wynikiem interferencji fal bezpośrednich z falami odbitymi. Rzeczywiście, jest ono najsilniejsze na tych falach, u których zasięg bezpośredni nakrywa się na pewnej przestrzeni z zasięgiem pośrednim. Przebieg tych zjawisk byłby więc uzależniony od stanu chwilowego górnych warstw atmosfery, powodujących odbicie, czy też załamanie promieni elektromagnetycznych. Niezależnie od tego zaobserwowano jednakże zjawisko zanikania w niewielkiej odległości (rzędu



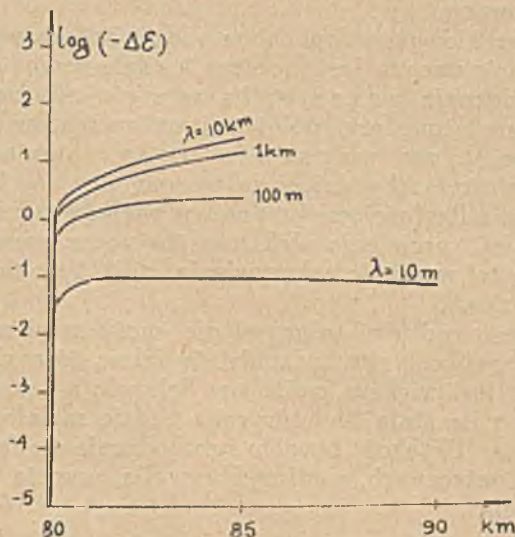
Rys. 3

Przewodność g w warstwie jonizacji słabej.

kilkunastu km) od stacji nadawczej, czego nie można przypisać falom odbitym. Zdaniem M. Sardy'ego (3) przyczyna tych zjawisk leży w zmianach atmosfery dolnej, wywołanych wpływami meteorologicznymi. Należałoby do tej kategorii przedewszystkiem t. zw. „migotania”, bardzo szybko zmieniające się okresy odbioru i zaniku.

6. *Strefa zasięgu bezpośredniego*. Ze strefy zasięgu bezpośredniego, niestety — mamy dotąd o wiele mniej materiału doświadczalnego w literaturze, niż

ze strefy fal odbitych. Fakt ten nietrudno wytłumaczyć, gdy weźmiemy pod uwagę, że przedewszystkiem t. zw. rekordy zainteresowały szerokie rzesze eksperymentatorów, a również i przemysł radiotechniczny widział swój cel w rozwoju nowego środka komunikacji na wielkie odległości. Należałoby przypuszczać, że rozchodzenie się fali powierzchniowej stosuje się,



Rys. 4

i zmiany stałej dielektrycznej ($-\Delta\epsilon$) w warstwie jonizacji słabej.

przynajmniej jakościowo — do wzoru Austin-Cohen'a. Doświadczenia Hoyt Taylor'a ze stacją o mocy 5 kW potwierdzają, że zasięg bezpośredni w dzień maleje w miarę skracania długości fali, a mianowicie fala 100 m dała zasięg 300 km, fala 50 m — 150 km, fala 30 m — 75 km, zaś fala 15-metrowa zaledwie 15 km. W nocy w czasie zimy dla fal 100 m i 50 m nie zdołano stwierdzić granicy między zasięgiem bezpośrednim, a pośrednim. Jest rzeczą charakterystyczną, że zasięg bezpośredni często zmienia się znacznie przy niewielkiej zmianie długości fali, natomiast drogą zwiększenia mocy nadawczej stosunkowo niewiele się zyskuje.

7. *Rozchodzenie się fal przestrzennych*. Pomimo, że w tej dziedzinie posiadamy ogromny zasób materiałów pomiarowych i praktycznych, to jednak materiał ten jest tak różnorodny i wielostronny, że — narazie przynajmniej, nie sposób wyprowadzić zeń jakiegokolwiek praw o znaczeniu ogólnym. Jedno tylko należy przyjąć jako pewnik, że górne warstwy atmosfery (t. zw. warstwa Heavyside'a-Kennelly'ego) posiadają strukturę, która umożliwia powrót na ziemię falam elektromagnetycznym, promieniowanym pod pewnym kątem w górę. Doświadczenie stwierdza również, że warstwa ta reaguje rozmaicie na fale różnej długości, przyczem jakość i intensywność tego reagowania w dużym stopniu zależy od pory dnia i roku i od szeregu związanych z nimi zjawisk meteorologicznych.

Powrót promieni elektromagnetycznych na ziemię wyjaśnić można zasadniczo dwoma sposobami:

a) odbiciem się tych promieni od pewnej warstwy granicznej;

b) dyfrakcją czyli załamaniem się tychże w miarę przechodzenia przez warstwy o różnej strukturze.

Według pierwszej z tych hipotez fale promieniowane pod pewnym kątem w górę odbijają się w myśl

zasad optyki albo od pyłu kosmicznego, znajdującego się poza granicami atmosfery, albo też od odpowiednio zjonizowanych warstw górnej atmosfery. Tłumaczenie takie nie wyjaśnia, różnic między falami rozmaitej długości i z tej przyczyny jest niewystarczające, pozatem trudno uzasadnić teoretycznie istnienie ostrej granicy między atmosferą zjonizowaną i niezjonizowaną.

Bardziej prawdopodobna i dziś już prawie powszechnie uznana jest hipoteza, że fale pewnych długości doznają załamania w silnie zjonizowanej warstwie atmosfery, położonej na wysokości 80 do 100 km, t. zw. warstwie Heaviside'a-Kennelly'ego. Aby dzięki załamaniu móc się przedostać na odległości rzędu połowy wielkiego koła kuli ziemskiej, promienie elektromagnetyczne muszą doznać w tej warstwie zakrzywienia, zbliżonego do krzywizny ziemi.

Tego rodzaju zakrzywienie może mieć miejsce, jeżeli szybkość rozchodzenia się fal w górnych warstwach jest większa, aniżeli w dolnych, a jest to możliwe, o ile stała dielektryczna będzie malała z wysokością. Szybkość bowiem rozchodzenia się fal elektromagnetycznych, według Maxwella, wyraża się zależnością

$$v = \frac{c}{\sqrt{\mu \epsilon}}$$

gdzie c jest szybkością w próżni. Szybkość ta rośnie więc w stosunku odwrotnym do pierwiastka ze stałej dielektrycznej.

Jakim sposobem jonizacja może wywołać zmianę stałej dielektrycznej, wyjaśnia J. Sarmor¹⁾ (9) w sposób następujący: Wiadomo, że zmienne pole elektryczne E wywołuje w ośrodku o stałej dielektrycznej prąd przesunięcia

$$i_c = \frac{\epsilon}{4\pi} \frac{dE}{dt} \dots \dots \dots (a)$$

który wyprzedza siłę elektromotoryczną o ćwierć okresu. Jeżeli zaś w tym samym ośrodku znajdują się swobodne jony w ilości N na cm^3 , a o ładunku jednostkowym e i masie m , powstaje w nim pod wpływem tej samej siły prąd jonizacyjny, opóźniony o ćwierć okresu, i wynoszący

$$i_j = \frac{N}{m} \frac{e^2}{\omega^2} \frac{dE}{dt} \dots \dots \dots (b)$$

Wynika z tego, że prąd przesunięcia skutkiem jonizacji maleje, tak, jak gdyby stała dielektryczna zmalała w stosunku

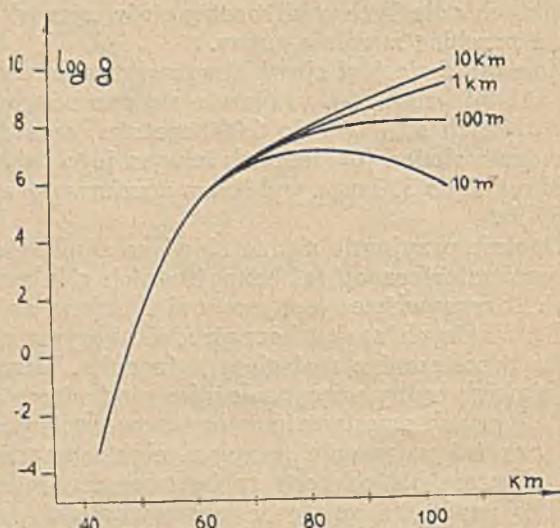
$$\epsilon' = \epsilon - \Delta \epsilon = \epsilon - N \cdot \frac{4\pi e^2}{m \omega^2} = \epsilon - N \frac{e^2}{m} \cdot \frac{v^2 \lambda^2}{\pi} \quad (3)$$

a tem samym rośnie szybkość rozchodzenia się fal. Jeżeli tedy przyjmijemy, że gęstość jonizacji N rośnie z wysokością, to hipotezę dyfrakcji fal w górnych warstwach atmosfery możemy uważać za uzasadnioną.

Jak wskazuje powyższy wzór, wpływ jonizacji rośnie z kwadratem długości fali, tak, iż właśnie fale

długie powinny ulegać silniejszemu załamaniu, niż fale krótkie, co jest sprzeczne z doświadczeniem. Tu jednak należy zauważyć, że dyfrakcja nastąpić może jedynie w tym wypadku, gdy okres fali jest mały w porównaniu z czasem potrzebnym jonom do przebycia drogi swobodnej. Na wysokości 100 km. czas ten, według autora, wynosi dla wolnego elektronu $2 \cdot 10^{-7}$ sek., co równa się fali 60-metrowej. Wskutek tego zależno załamania od λ^2 dla fal dłuższych kompensuje się gorszym wykorzystaniem zjawiska dyfrakcji.

Jednakże fale elektromagnetyczne, przedostawszy się do warstwy zjonizowanej, nie rozprzestrzeniają się w niej bez strat. Jony bowiem, wprawione



Rys. 5
Przewodność g w warstwie jonizacji dziennej.

w ruch drgający przez zmienne pole elektryczne, nabywają pewnej energii, której część jednakże tracą za każdym zderzeniem się z cząsteczkami gazu. Sarmor określa jako współczynnik absorbcji stosunek energii straconej W' do energii nabytej. W ciągu jednej sekundy. Wynosi on

$$\frac{W'}{W} = f \cdot N \frac{c^2 \lambda^2}{\pi m c} \dots \dots \dots (4)$$

gdzie f oznacz częstotliwość zderzeń na sekundę, a pozostałe oznaczenia są te same, co poprzednio. Ze wzoru tego wynika, że fale krótkie są mniej pochłaniane, niż dłuższe, co znowu przemawia na korzyść fal krótkich. Przytem absorbcja jest tem większa, im większa jest gęstość jonów N , a więc im niżej sięga warstwa zjonizowana.

Absorbcja jako strata energii, jest wynikiem prądu jonowego, będącego w fazie z siłą elektromotoryczną. Tak więc fala elektromagnetyczna wywołuje dwie składowe prądy, przesunięte względem siebie o 90° . Wpływ tych zjawisk na fale różnej długości wyjaśnimy w dalszym ciągu.

8. *Struktura warstwy Heaviside'a-Kennelly'ego.* Co do przypuszczalnej struktury górnej, zjonizowanej warstwy atmosfery istnieje już bardzo bogata literatura, która na zasadzie rozbieżnych nieraz przesłanek stara się dojść do wyjaśnienia jej budowy i powstania. Nie wchodząc w te różnorodne hipotezy,

¹⁾ Przed Sormorem zajmowali się tą kwestją Eccles (Proc. Roy. Soc. 1912) i Salpeter (Phys. Ztschr. 1913).

przytoczymy tylko streszczenie jednej z nich, a mianowicie pracy G. J. Elias'a (10), dającej najbardziej przejrzysty obraz całokształtu zjawisk zachodzących w górnej atmosferze.

Według Elias'a istnieją dwie przyczyny jonizacji górnych warstw powietrza, a mianowicie:

1) promienie o działaniu chemicznym (fijołkowe i pozafijołkowe), zawarte w świetle słonecznym. Promienie te działać mogą tylko w czasie naświetlania atmosfery przez słońce, a więc w dzień.

2) Cząsteczki, wyrzucane poza słońce, który mogą działać również i w nocy, gdyż — według obserwacji Störmer'a w latach 1906—1916, okrążyć mogą kilkakrotnie kulę ziemską, zanim zostaną zahamowane przez atmosferę.

W ten sposób Elias rozróżnia dwie warstwy zjonizowane, t. zw. w a r s t w ę d z i e n n ą, będącą wynikiem przede wszystkim promieniowania bezpośredniego, podczas gdy w a r s t w a n o c n a dochodzi do skutku dzięki działaniu cząstek materialnych, które pod działaniem pola magnetycznego ziemi okrążają ją i przedostają się w ten sposób na półkulę „nocną”. Cząsteczki są więc przyczyną s t a ł e j j o n i z a c j i atmosfery. G. J. Elias wyprowadza wzór

$$c^{a \cdot z} = a' \cdot R \dots \dots \dots (5)$$

w którym a jest stałą, która dla azotu przy temperaturze bezwzględnej 220° wynosi $1,5 \cdot 10^{-6}$, R jest stałą, zależną od rodzaju cząsteczek promieniotwórczych, z jest wysokością nad ziemią, do której przeniknąć mogą cząsteczki, a więc dolną granicą warstwy zjonizowanej. Podstawiając $R = 7$ cm (Rad C) do 3,3 cm, oblicza Elias wysokość tę na 78 do 82,5 km. Zgadza się to z pomiarami Appleton'a, który drogą pomiarów interferencji między falą bezpośrednią i odbitą, obliczył tę wysokość na 80 do 90 km. Grubość warstwy stale zjonizowanej wynosi według Elias'a około 7,5 km.

W odróżnieniu od warstwy stałej jonizacji wytwarzają krótkofalowe promienie słoneczne w a r s t w ę d z i e n n ą, która według obliczeń G. J. Elias'a schodzi znacznie niżej, a mianowicie do 40 km nad ziemią. Grubość jej jest znacznie większa, wynosi bowiem około 30 km.

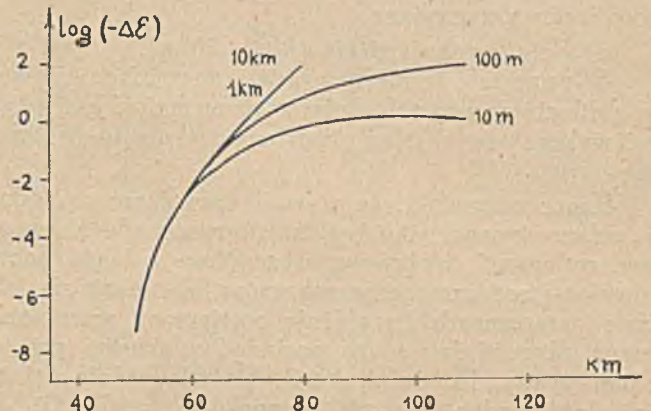
Warstwa dzienna posiada według obliczeń Elias'a znacznie większą gęstość jonizacji, niż warstwa stała, lecz wyrasta ona stosunkowo wolniej, jest bowiem rozłożona na znacznie większą grubość.

Ponieważ warstwa dzienna sięga o wiele niżej, niż warstwa jonizacji stałej, więc też w ciągu dnia ona przede wszystkim oddziaływa na rozchodzenie się fal elektromagnetycznych, warstwa stała natomiast występuje dopiero po zaniku warstwy dziennej, a więc w ciągu nocy.

Wobec powyższego, stanie się zrozumiałem, dla czego zjawiska rozchodzenia się fal, a zwłaszcza zasięgi ulegają tak znacznym wahaniom, zwłaszcza o zachodzie i wschodzie słońca. Wówczas bowiem mamy do czynienia z zanikaniem względnie powstawaniem warstwy dziennej, a więc ze zmianą wysokości dolnej granicy jonizacji.

9. *Wpływ warstwy zjonizowanej na fale różnej długości.* Na zasadzie zjawiska wspomnianego poprzednio, że fala elektromagnetyczna wywołuje w ośrodku zjonizowanym dwie składowe prądy; je-

dną zmniejszającą stałą dielektryczną, a więc zwiększającą szybkość poruszania się fali, drugą zaś będącą przyczyną absorbcji energii, przyczem obie rosną z kwadratem długości fali, G. J. Elias przeprowadził obliczenia, pozwalające orientować się, w jaki sposób zachowują się fale rozmaitych długości. Wyniki tych obliczeń są przedstawione na rys. 3—6, z których rys. 3 i 4 wyrażają zależność przewodności g i zmiany stałej dielektrycznej ($-\Delta \epsilon$), jako funkcję wysokości przy różnych długościach fal dla warstwy jonizacji stałej, zaś 5 i 6 te same wartości dla warstwy dziennej. Widzimy z nich przede wszystkim, że warstwa stała posiada o wiele ostrzejsze odgraniczenie od dołu, niż warstwa dzienna, a więc w zastosowaniu do niej możemy mówić o odbijaniu się fal elektromagnetycznych.



Rys. 6.

Zmiany stałej dielektrycznej ($-\Delta \epsilon$) w warstwie jonizacji dziennej.

Zachowanie się fal będzie różne zależnie od tego, czy przeważa wpływ zmiany stałej dielektrycznej, a więc refrakcja promieni, czy też przewodność, a więc absorbcja. Jak widzimy z rys. 3—6, stała dielektryczna maleje asymptotycznie ze wzrostem wysokości dla całego zakresu fal, o wiele jednak szybciej dla fal długich. Przewodność (t. zw. absorbcja) natomiast w stosunku do fal długich rośnie stale, podczas, gdy u fal krótkich posiada ona wyraźne maximum.

Przewodność warstwy zjonizowanej, oprócz absorbowania energii, powoduje również odbicie się fali od tej warstwy, podobnie jak od powierzchni przewodzącej. Z tego powodu u fal długich będziemy mieli do czynienia ze zjawiskiem odbicia, podczas gdy u fal krótkich nie będzie ono występowało prawie wcale.

Wobec powyższego fale długie, rzędu kilku km, z powodu silnej absorbcji nie będą zdolne przeniknąć do warstwy zjonizowanej, będą się natomiast odbijały od niej, powracając w ten sposób na ziemię w niewielkiej stosunkowo odległości od stacji nadawczej. Fale krótkie natomiast zdołają przeniknąć w głąb warstwy na tyle, aby móc wykorzystać zjawisko refrakcji. Jednak zmiana stałej dielektrycznej jest tem mniejsza, im krótsza jest fala. Wynika stąd, że fale stosunkowo dłuższe będą przenikały mniej głęboko, lecz będą silniej załamane, a więc wcześniej powrócą na ziemię, niż krótsze, których promień krzywizny będzie o wiele mniejszy. Tem tłumaczy się, że obszar martwy jest tem większy, im mniejsza jest długość fali. Gdy długość ta przekroczy pewną granicę, załamanie będzie niedostateczne, aby promienie mogły powrócić na ziemię, będą one natomiast zdolne prze-

niknąć warstwę zjonizowaną i przedostać się poza atmosferę ziemską.

Wyniki swe Elias streszcza w sposób następujący.

a) *Fale długie* ($\lambda > 1000$ m), odbijają się od warstwy zjonizowanej tak w dzień, jak i w nocy.

b) *Fale średnie* ($1000 \text{ m} > \lambda > 100$ m).

W nocy fale te ulegają refrakcji, powracając w pewnej odległości na ziemię. Przy falach dłuższych tego zakresu mamy do czynienia również z częstotliwym odbiciem.

W dzień absorbcja jest tak silna, że zjawisko załamania się fal nie może być wykorzystane.

c) *Fale krótkie* ($100 \text{ m} > \lambda > 20$ m).

W nocy mamy do czynienia z refrakcją, absorbcja nie ma prawie żadnego wpływu, w dzień natomiast fale dłuższe tego zakresu ulegają jej tak silnie, że nie mogą być wykorzystane.

d) *Fale bardzo krótkie* ($\lambda > 20$ m).

W nocy fale te nie powracają na ziemię, z powodu niedostatecznej refrakcji, w dzień natomiast mogą być wykorzystane, gdyż absorbcja nie ma tu wielkiego wpływu.

Rzecz oczywista, że wywody powyższe są jedynie schematyczne, stan jonizacji bowiem ulega szeregowi zmiennych wpływów, szczególnie w ciągu nocy. Również i rozgraniczenie zakresów fal nie da się tak ściśle przeprowadzić, zależnie bowiem od warunków pewna długość fali może posiadać własności już to jednej grupy, już to drugiej. Doświadczenie ostatnich lat bardzo pięknie potwierdza teorię G. J. Elias'a, która zresztą, zwłaszcza w wyborze stałych, oraz wartości granicznych, opiera się na podstawach doświadczalnych.

(C. d. n.).

Tymczasowa notatka o zamierzonej zmianie stałych we wzorze Austin-Cohena

L. W. Austin ¹⁾

Oddawna wiadomo, że wzór Austin-Cohena daje dostatecznie dokładne wyniki dla średnich odległości i długości fal. Przy odległościach jednak ok 6000 km. otrzymywane wyniki wynoszą zaledwie połowę wielkości zmierzonych; przy odległościach ok. 12000 klm. wyniki obliczone mają się do zmierzonych mniej więcej jak 1:4.

Dotychczasowy wzór z lat 1910 — 1914 na rozchodzenie się fal elektromagnetycznych we dnie ponad wodą słoną miał postać następującą:

$$e = 120 \pi \frac{hI}{\lambda d} \sqrt{\frac{3}{\sin \delta}} \cdot c^{-u} [\text{Volt. km, Amp.}]^2$$

$$\text{gdzie } u = 0,0015 \frac{d}{\lambda} 0,5$$

¹⁾ Z Laboratory for Special Radio Transmission Res. — Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie, Band 27, Heft 6.

²⁾ Bureau of Standards Bulletin VII p. 315 1911. Reprint 159 i XI p. 69, 1914, Reprint 226.

We wzorze tym: e — natężenie pionowego pola elektrycznego w rozważanym miejscu w voltach na km.
 h — wysokość skuteczna anteny nadawczej w km.
 I — natężenie prądu w antenie nadawczej w amp.
 λ — długość fali w km.
 d — odległość od anteny nadawczej w km.
 δ — kąt, który tworzą dwie proste przeprowadzone przez środek ziemi, z których jedna przechodzi przez miejsce anteny nadawczej, druga — przez rozpatrywany punkt na powierzchni ziemi.
 c — podstawa naturalnych logarytmów.

Stałe w wyrażeniu dla u były określone empirycznie z całego szeregu pomiarów według metody równoległych oporów dla odległości do 2000 klm. i częstotliwości pomiędzy

$1000 \cdot 10^3/\text{sek}$ ($\lambda = 300$ m) i $80 \cdot 10^3/\text{sek}$ ($\lambda = 3750$ m)

Niedokładność wzoru nasunęła myśl zmiany teoretycznej części Hertz'a oraz zmiany stałych empirycznych tak by rozszerzyć zakres ważności wzoru na wszystkie częstotliwości pomiędzy $1000 \cdot 10^3/\text{sek}$ ($\lambda = 300$ m) i $12 \cdot 10^3/\text{sek}$ ($\lambda = 25000$ m) Zmiany stałych empirycznych podjął się W. Austin.

W ostatnich czasach wykonano wiele pomiarów pól elektrycznych i zebrano bogaty materiał.

Liczne badania radjostacji transoceanicznych wykonane zostały przez American Telephone and Telegraph Company, Radio Corporation of America, T-wo Marconi, Francuską placówkę wojskową w Meudon pod Paryżem i Bureau of Standards. Poza tym T-wo Marconi wykonało ogromną liczbę pomiarów pól elektrycznych różnych radjostacji podczas reisu parowca „Dorset” z Anglii do Nowozelandji przez kanał Panamski (luty i marzec 1922 r.) oraz na parowcu „Boonah” podczas kursu z Australji do Anglii przez kanał Suezki (czerwiec — sierpień 1923). Poza tym urząd pocztowy w Karachi (Indje) wykonał szereg pomiarów pola większych radjostacji europejskich w czasie od listopada 1921 do czerwca 1923 r.

Zebrany materiał pozwala obecnie na ustalenie z dostateczną ścisłością zależności natężenia pola elektrycznego od długości fali i odległości. Oczywiście szereg wyników pomiarowych różni się dość znacznie pomiędzy sobą; największą jednak wartość posiadają dane uzyskane długoletnimi i systematycznymi badaniami pola jednej i tej samej stacji. Dane uzyskane podczas kursu parowców, są również bardzo ważne, lecz w licznych przypadkach dają znaczne odchylenia w różnych okresach podróży, ponieważ dla pewnej odległości od stacji wykonywano przeważnie tylko jeden pomiar. Poza tym pomiary te odnoszą się do jednej określonej pory roku.

Zadane ułożenia na podstawie zebranych materiałów wzoru na rozchodzenie się fal ponad wodą morską jest utrudnione tem, że fale przy większych odległościach znaczną część drogi przebywają ponad lądami. Naprzykład droga z Nauen (Niemcy) do Waszyngtonu biegnie w 25% ponad lądami; pomiędzy Rocky Point i Londynem w 20%, a pomiędzy Buenos Aires i Waszyngtonem powyżej 50%, gdy najkrótsza droga pomiędzy Karachi (Indje) do stacji europejskich prawie całkowicie biegnie ponad lądami.

Sprawa pochłaniania fal elektromagnetycznych ponad lądami w stosunku do pochłaniania ponad wodami nie jest jeszcze całkowicie wyjaśniona. Panuje obecnie pogląd, że dla fal krótszych od 5000 m. pochłanianie ponad lądem jest o wiele większe od pochłaniania ponad wodą i różnica ta daje się jeszcze zauważyć dla fal do 15000 m. Im fala jest dłuższą tem różnica ta jest mniejszą. Wielkość tego zjawiska zależy oczywiście od rodzaju i własności ładu ponad którym rozchodzą się fale szczególnie w pobliżu stacji nadawczej i odbiorczej. Pomiary pola stacji Bvlinas (Kalifornia w pobliżu San Francisco) wykonane w Waszyngtonie w ciągu powyżej dwóch lat pokazały, że fale tej stacji o częstotliwości $22,9 \cdot 10^3/\text{sek}$

($\lambda = 13\ 100$) ulegają w praktyce jednokowemu pochłanianiu nad lądem i wodą. Z drugiej jednak strony z pomiarów (mniej wszechstronnych) wynika, że fale radjostacji San Diego odbierane w Waszyngtonie oraz fale radjostacji wschodniego brzeżu Ameryki odbierane w San Diego ulegają dwa razy silniejszemu pochłanianiu ponad lądem. Przypisać to należy miejscowym warunkom w pobliżu San Diego, który oddawna w opinii radjotelegrafistów sływał za miejscowość pod tym względem niekorzystną.

Pomimo tych niepewności warto było jednak wykorzystać zebrany materiał by ustalić nowe stałe we wzorze na rozchodzenie się fal. Wydaje się obecnie, że dostatecznie ściśle wyniki otrzymać można, gdy przyjmiemy

$$u = \frac{0,0014 d}{\lambda^{0,6}}$$

Może być, że trzeba będzie stałe te jeszcze nieco zmienić, gdy uzyskany materiał doświadczalny się zwiększy i polepszy.

Tabela 1 podaje stosunek wartości e^{-u} według dawnego i nowego wzoru dla różnych długości fal i odległości. Tabela 2 zawiera zestawienie danych rozmaitych pomiarów w dostatecznym stopniu zgodnych z wartościami obliczonymi według nowego wzoru. Pomiary w Clifford i New Southa, te wykonane zostały przez American Telephone and Telegraph Company³⁾, a pomiary w Karachi — przez Indyjski Urząd Poczty⁴⁾.

Szereg pomiarów w San Diego⁵⁾ przeprowadzony został przez Bureau of Standards. Wyniki pomiarów radjostacji Marion i Nauen wykonanych na parowcach „Dorset” i „Boonach”⁶⁾ przez T-wo Marconi w marcu 1922 r. i lipcu 1923 podane są w postaci średniej arytmetycznej z tych dwóch po-

dróży. Radjostacja Bordeaux zmieniła w czasie gdy Boonach odplynął z Australji długość fali z 23 400 m. na 19 000 m. wskutek czego zasięg radjostacji znacznie się powiększył i otrzymane wyniki nie mogły być porównane.

Resztę zebranego materiału potwierdzającego lub zaprzeczającego ważność nowego wzoru zamierza L. W. Austin niezadługo ogłosić i przedyskutować.

Stosunek nowych i dawnych wartości e^{-u} :

T A B E L A 1.

λ (km.)	d (km.)					
	500	1000	2000	4000	6000	8000
0,3	0,93	0,86	0,72	—	—	—
0,5	1,00	1,00	1,00	—	—	—
1,0	1,05	1,11	1,22	—	—	—
2,0	1,07	1,14	1,31	—	—	—
3,0	1,07	1,15	1,33	1,77	—	—
5,0	—	—	1,32	1,72	2,25	—
10,0	—	—	1,31	1,62	2,09	4,40
16,0	—	—	—	1,55	1,94	3,75
24,0	—	—	—	—	1,80	3,25

³⁾ Bell System Technical Journal 4, p 459, 1925.

⁴⁾ London, Electrician, 91, 164, 1923.

⁵⁾ Jour. Wash. Acad. Sci. 15, 139, 1925.

⁶⁾ Jour. I. E. E. (London), 63, 933, 1925.

T A B E L A 2.

Obliczone i zmierzone natężenia pól elektrycznych

Radjostacja nadawcza	Radjostacja odbiorcza	f	λ (km)	d (km)	E ($\frac{\mu V}{m}$)		C z a s
					obliczone	zmierzone	
Nauen	Cliffword, N. J.	23,8.10 ³ /sek	12,6	6350	44	42	1922 do 1923
Marion	New Southate, Anglja	15,8.10 ³ /sek	11,6	5280	40	53	1923 do 1924
Rzym	Karachi, Indje	28,0.10 ³ /sek	10,7	5230	24	20	grudzień 1921 do stycznia 1926
Bordeaux	" "	12,8.10 ³ /sek	23,4	5900	60	68	
St. Assise	Bureau of Standards	20,6.10 ³ /sek	14,5	6150	53	48	1923
Bordeaux	" "	12,8.10 ³ /sek	23,4	6160	67	71	1922
Buenos Aires	" "	23,6.10 ³ /sek	12,7	8300	30	37	1924
Carite, P. I.	San Diego, Cal.	19,3.10 ³ /sek	15,5	11800	2,7	2,0	28 sierpn. do 22 wrzes. 1924
Marion	Parowiec Dorset i Boonach.	25,8.10 ³ /sek	11,6	8000 12000	11	12	marzec 1922 i lipiec 1923
Nauen	" "	23,8.10 ³ /sek	12,6		21	22	
Bordeaux	Parowiec Dorset	12,8.10 ³ /sek	23,4	8000 12000	5,4	5,5	marzec 1922 i lipiec 1923
					37	33	
					13	10	marzec 1922

S. J.

Informacje.

Próby zasięgu stacji radiofonicznej Stuttgart.

Tow. „Süddeutscher Rundfunk“ nadesłało do redakcji „Przeгляdu Radjotechnicznego“ komunikat o zorganizowaniu prób zasięgu stacji radiofonicznej Stuttgart, lecz niestety, data wydania 3/4-go N-ru nie pozwala nam komunikatu tego w porę doręczyć naszym czytelnikom. Ze względu jednak na metodę organizacji tego rodzaju prób, podajemy streszczenie komunikatu, w nadziei, że nasze czynniki oficjalne zechcą skorzystać z zawartych tam wskazówek.

Próby organizują tow. akc. „Süddeutscher Rundfunk“ i Dyrekcja Poczty w Stuttgarcie wspólnie z Komisją Prądów Szybkozmiennych przy Wirtemberskiem Stowarzyszeniu Elektrotechników. Jako czas próby wyznaczono dni 26 i 27 stycznia od godz. 13.10 do 13.30 i od 23 do 23.30 oraz 28 stycznia od 13.10 do 13.30 i od 22.00 do 22.30 czasu śr. europ. W czasie tym nadawane są dyktanda, które obserwatorowie powinni zapisywać. Niezbędne jest podawanie dokładnego czasu i warunków atmosferycznych. Przeszkody atmosferyczne oznacza się literą „L“, zakłócenia spowodowane przez zasilne sprzężenia zwrotne sąsiadów przez R, interferencję obcych nadajników przez F. Okresy zaniku (fadng) wynikają z przerw w odbiorze. Do sprawozdania należy dołączyć schemat odbiornika. W obrębie 100 km. od stacji należy obserwować przy pomocy aparatów detektorowych.

Sprawozdania należy uzupełnić dokładnym określeniem położenia punktu obserwacyjnego oraz danymi co do anteny, uzemięcia i ukształtowania najbliższej okolicy odbiornika.

REFERATY.

O. Scheller: Anteny o wielkiej rozpiętości.

W wielkich radiostacjach maszty należą do najbardziej kosztownej części instalacji. Dlatego też istnieje dążenie do zwiększenia rozpiętości anteny, by możliwie zmniejszyć liczbę masztów. W zbudowanym przez firmę C. Lorenz A-g urządzeniu antenowym w Herzogstandzie w Bawarii, antena zawieszona jest na szczytach gór. Rozpiętość anteny wynosi 2600 m., różnica poziomów zawieszenia 800 m. Naprężenie w linie antenowej wskutek własnego ciężaru wynosi 4000 kg. cm², do czego dodają się jeszcze dodatkowe obciążenia wskutek naporu wiatru, ciężaru izolatorów, sadzi i doprowadzenia. Wskutek tego lina antenowa musiała być wykonana z najprzedniejszej stali i składa się z 7-miu pasm złożonych z 7-miu drutów o średnicy 1,6 mm. każdy. Pasma są naprzemian prawnie i lewo-skrętne, by przy zmianie obciążenia uniknąć tarć wewnętrznych w linie. Pasma poza tym obciążone są równomiernie. Lina antenowa otoczona jest warstwą glinową dla przewodzenia prądów szybkozmiennych, która w jednej antenie składa się z 28 drutów glinowych o średnicy 2 mm, w drugiej antenie z taśmy glinowej o grubości 1,5 mm. owiniętej dookoła liny. Druty glinowe utrzymane są za pomocą rozporów na wzajemnej odległości około 20 cm.

Różnic pod względem elektrycznym pomiędzy obydwoma antenami nie zauważono. Długość przewodzącej części każdej anteny wynosi 2000 m. Ciężar żelaza znajdującego się w części przewodzącej wynosi do 4800 kg. bez ujemnych jed-

nak następstw pod względem elektrycznym, ponieważ oporność anteny jest bardzo mała. Doprowadzenie składa się z plecionki z twardego glinu z rdzeniem z dwóch warstw drutu stalowego w postaci cylindra z dzwonami drewnianymi wewnątrz.

(Zeitsch. f. techn. Phys. 6, 651, 1925).

S. J.

Anderson, Clément, de Coutouly. Radiostacja korespondencyjna dla fal krótkich.

Autorzy opisują urządzenie nadawczo-odbiorcze dla fal o zakresie 100 — 200 m. Urządzenie to przeznaczone jest dla służby przybrzeżnej Stanów Zjednoczonych i powinno działać falami c.ągłymi modulowanymi do 100 mil, falami telegraficznymi do 50 mil morskich. Aparatura winna umożliwiać łatwe naregulowanie na zgóry określoną stałą długość fali i pewnie działać w rękach niedoświadczonych telegrafistów. Nadajnik o mocy 50 watów składa się z lampy generacyjnej sprzężonej pojemnościowo z anteną. Zprężenie to zostało obliczone tak, by wypadkowe zmiany pojemności anteny jaknajmniej wpływały na długość promieniowanej fali. Lampa modulacyjna, wyprzedzona wzmocnieniem małej częstotliwości, działa na lampę generacyjną metodą „prądu o stałym natężeniu“. Lampy, obwody, przyrządy kontrolujące i zasilające zmontowane są w jednym wspólnym meblu i zaopatrzone są dla uproszczenia obsługi w niezbędne przełączniki. Odbiornik typu superheterodynowego posiada pewne cechy odmienne. Dla uproszczenia strojenia obwód antenowy nie jest strojony, a pierwsza heterodyna sprzężona jest z pierwszą lampą detektorową za pomocą oporu 2 Ω przeznaczonego dla detekcji. Układ tego rodzaju zmniejsza, według autorów zależność wzajemną obwodów i strojów. Wzmacniacz średniej częstotliwości jest typu transformatorowego. Odpowiednio dobrane pojemności zapewniają dostateczną selektywność. Wzmacniacz działa na częstotliwości 50 kilocykliów na sek. co stanowi długość fali 6000 m. Po drugiej lampie detektorowej zastosowano jeden stopień małej częstotliwości. Ogólnie odbiornik zawiera 8 lamp ampera.

(Proc. of Inst. Rad. Eng. 13, 1925. L'onde Electrique Nr. 59 35 A, 1926).

S. J.

Errata. W pracy inż. Plebańskiego „Znaczenie urządzeń filtrujących w radiokomunikacji“ z dnia 15 grudnia 1926 r. zeszyt 23—24, str. 129 prawa kolumna 15 wiersz z góry napisano:

$$I^2 = \frac{E^2}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} \text{ winno być } I^2 = \frac{E^2}{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

Na str. 131 — 9 wiersz z góry zamiast

$$A = \frac{\int_{\omega_1}^{\omega_2} I^2 d\omega}{\int_0^{+\infty} I^2 d\omega - \int_{\omega_1}^{\omega_2} I^2 d\omega} \text{ winno być } A_f = \frac{\int_{\omega_1}^{\omega_2} I^2 d\omega}{\int_0^{+\infty} I^2 d\omega - \int_1 I^2 d\omega}$$