

### Wpływ zmian długości fali na pracę anten.

Mjr. inż. Kazimierz Krulisz.

(Dokończenie).

#### 15. Wnioski końcowe.

Rozpatrzone w niniejszej pracy dwa skrajne typy anten nie różnią się — jak wykazano — pod względem jakościowym. Różnice między nimi są jedynie ilościowe, naogół niezbyt wielkie, wyjątkowo tylko dochodząc do trzydziestu kilku %. Uwzględniając, że praktycznie stosowane anteny ( $T$ ,  $L$  odwrócone, parasolowe i t. d.) niewiele odchylają się od anteny o stałym współczynniku kształtu, możemy je podciągnąć pod ten typ idealny, nie popełniając wielkich błędów. Dzięki temu uzyskaliśmy proste wzory, pozwalające nam badać zachowanie się anteny o danych wielkościach, zaprojektowanej do pewnej stacji o falach gasnących czy niegasnących. Co się dotyczy niedokładności popelnionej przez założenie stałego oporu strat  $R_r$ , to możemy jej nie uwzględnić, zważywszy, jak nieokreśloną i zależną od różnych warunków postronnych jest ta wielkość<sup>1)</sup>. Można ją więc określić jedynie w przybliżeniu. Z tem zastrzeżeniem wyprowadzone wzory mogą być pożądaną pomocą przy projektowaniu stacji radiotelegraficznych.

Okazało się, że zasilając antenę stałą mocą czy to drgań gasnących czy niegasnących, otrzymujemy moc wypromieniowaną tem większą, im krótszą falą pracujemy. Drgania gasnące o stałej amplitudzie maksymalnej zachowują się o tyle odmiennie, że dają maximum mocy promieniowanej przy fali zasadniczej.

Najciekawsze jest zachowanie się anteny, zasilanej drganiami niegasnącymi o stałej SEM, maximum mocy otrzymujemy przy fali tem dłuższej, im mniejszy jest stosunek oporów  $\frac{R_r}{R_{i_0}}$ . Chcąc więc pra-

cować na antenie o danych wymiarach możliwie długą falą, należy dążyć do jaknajdalej idącego zredukowania oporu strat. Obok fali optymalnej istnieje fala, przy której moc promieniowana dochodzi z powrotem do wartości odpowiadającej fali własnej. Do fali tej możemy więc dojść, nie tracąc w porównaniu z mocą początkową. Fala ta leży również tem dalej, im mniejszy jest opór strat.

Jest rzeczą godną uwagi, że maximum mocy wypromieniowanej bynajmniej nie łączy się z uzyskaniem jaknajwiększego prądu skutecznego w antenie, i to ani dla drgań gasnących, ani dla niegasnących. Nie dowodzi on nawet, jak się okazuje z krzywych, konieczności wzrostu ogólnej mocy w antenie. Określenie maximum mocy promieniowanej wymaga dokładnych pomiarów wielkości elektrycz-

nych anteny, a głównie stosunku  $\frac{R_r}{R_{i_0}}$ . Jak już wskazano we właściwym miejscu, u anten powszechnie stosowanych ze względu na duży opór strat maximum mocy przypada na falę skróconą, tak iż i tu (podobnie jak dla drgań gasnących) przedłużenie fali zmniejsza moc wypromieniowaną.

Kwestją różną od uzyskania maximum mocy promieniowania jest osiągnięcie jak największej sprawności promieniowania. Tu bezwzględnie ekonomia jest tem większa, im krótsza jest fala wysyłana. Maximum mocy promieniowanej drgań niegasnących odpowiada sprawności 50 %.

W praktyce oczywiście zjawiska nie przedstawiają się w sposób tak idealnie prosty, jak w teorii. Zmienność oporu strat wpływa tu nieraz w stopniu bardzo wysokim. Doświadczenie wykazuje między innymi, że natężenie prądu nie rośnie asymptotycznie, lecz posiada swe maximum w okolicy  $\gamma = 2 \div 2.5$ .

Dla zilustrowania wywodów niniejszej pracy podajemy na zakończenie przeliczenie jednego przykładu opartego na praktycznie wykonanej antenie.

Przykład. Antena parasolowa<sup>1)</sup> o wysokości  $l = 250$  m, fali własnej  $\lambda_0 = 2800$  m i pojemności dynamicznej  $Cd = 15000$  m. Współczynnik kształtu  $\alpha$  obliczono znanym sposobem na 0.72. Stąd wysokość skuteczna (5).

$$h = 250 \times 0.72 = 180 \text{ m.}$$

Opór promieniowania dla fali zasadniczej obliczymy z wzoru Hertz-Rüdenberga (6).

$$R_{i_0} = 160 \pi^2 \left( \frac{h}{\lambda_0} \right)^2 = 6.6 \Omega.$$

Stacja pracuje normalnie na falach gasnących o długości  $\lambda = 7200$  m. Dla tej fali współczynnik przedłużenia wynosi

$$\gamma = \frac{7200}{2800} = 2.57.$$

Stąd opór promieniowania dla tej fali (11)

$$R_i = \frac{R_{i_0}}{\gamma^2} = \frac{6.6}{2.57^2} \approx 1 \Omega.$$

Dekrement logarytmiczny tłumienia wynosi przy fali 7200 m

$$D = 0.0625$$

Opór całkowity (skuteczny) obliczymy więc na zasadzie (82)

$$R = R_i + R_r = 152.3 \times 0.0625 \times \frac{7200}{15000} \approx 4.6 \Omega.$$

<sup>1)</sup> Wkrótce ogłosimy pracę uwzględniającą zmienność oporu strat.

<sup>1)</sup> Stacja Eilvese ab. Hanoweru (Reim, tekib. d. drahtb. Telegr. str. 85 i 151).

Stąd opór strat

$$R_r = R - R_i = 3,6 \Omega.$$

Stosunek oporu przy fali zasadniczej

$$\frac{R_r}{R_{io}} = \frac{3,6}{6,6} \cong 0,55.$$

Mając te dane, możemy obliczyć wszystkie pozostałe wielkości anteny.

Sprawność anteny przy fali zasadniczej (12)

$$\eta_0 = \frac{1}{1 + \frac{R_r}{R_{io}}} = \frac{1}{1 + 0,55} = 0,645 = 64,5\%.$$

Dla fali  $\lambda = 7200$  m sprawność wynosi (13)

$$\eta_{11} = \frac{1}{1 + \gamma^2 \frac{R_r}{R_{io}}} = \frac{1}{1 + 0,7^2 \times 0,55} = 0,215 = 21,5\%$$

spadła więc do  $\frac{1}{3}$  pierwotnej wartości.

Najkrótsza fala, którą mogłaby pracować antena

$$\lambda_{\min} = 2800 \times 0,7 = 1960 \text{ m}$$

Dla niej sprawność wyniesie

$$\eta_{12} = \frac{1}{1 + 0,7^2 \times 0,55} = 0,79 = 79\%$$

zaś opór promieniowania (11)

$$R_{i2} = \frac{6,6}{0,7^2} = 13,5 \Omega$$

a temsamem całkowity opór skuteczny

$$R_2 = 13,5 + 3,6 \cong 17 \Omega.$$

Dekrement spowodowany promieniowaniem przy fali zasadniczej (stała  $D$ ) wynosi

$$D = \frac{1}{152,3} \cdot \frac{15000 \cdot 6,6}{2800} = 0,232$$

zaś dekrement całkowity (83)

$$D_0 = D \cdot \left( \frac{R_r}{R_{io}} + 1 \right) = 0,232 \times 1,55 = 0,36.$$

Dekrement dla fali najkrótszej (84)

$$D_2 = 0,232 \times 0,7 \times \left( 0,55 + \frac{1}{0,7^2} \right) \cong 0,42.$$

W obu wypadkach otrzymujemy więc wartości dekrementu bardzo duże.

Praca falami gasnącymi.

Przypuśćmy, że na wspomnianej antenie pracuje stacja iskrowa częstotścią iskier  $n = 500$  na sekundę. Pojemność anteny  $C = 15000 \text{ cm} \cong 0,016 \mu F$ . Maksymalne napięcie występujące w antenie, wynosi  $150000 \text{ Volt} = 150 \text{ kVolt}$  stąd moc ogólna w antenie (16).

$$P = \frac{500 \cdot 0,016 \cdot 150^2}{2} = 90000 \text{ watów} = 90 \text{ KW.}$$

Skuteczne natężenie prądu odpowiadające fali  $7200$  m (19)

$$I_1 = V_m \gamma \sqrt{\frac{n C d^{(nt)}}{2 R_{io} (\Omega)}} \cdot \eta_{11} = 150 \times 2,57.$$

$$\cdot \sqrt{\frac{500 \times 0,016}{2 \times 6,6} \cdot 0,215}$$

$$I_1 \cong 140 \text{ amp}$$

Moc wypromieniowana tą falą (33 a)

$$P_i = 90 \times 0,215 = 19,3 \text{ kW.}$$

Praca na fali zasadniczej dałaby następującą wartość prądu

$$I_0 = 150 \cdot \sqrt{\frac{500 \times 0,016}{13,2} \cdot 0,645} = 94 \text{ amp.}$$

zaś moc promieniowaną

$$P_i = 90 \times 0,645 = 58 \text{ kW.}$$

Skrócenie fali nie da nam zbyt wielkich korzyści, gdy zważymy, że napięcie  $150 \text{ kV}$  jest wartością graniczną dla wytrzymałości elektrycznej anteny, nie możemy więc utrzymać stałej mocy drogą podniesienia  $V_m$ . Moc ogólna będzie więc w myśl (27)

$$P_1 = P \cdot \beta^2 = 0,49 \times 90 \cong 44 \text{ kW.}$$

Prąd w antenie wg (28a)

$$I_2 = 0,49 \times 150 \times \sqrt{\frac{500 \times 0,016}{13,2} \cdot 0,79} = 67 \text{ amp}$$

Moc wypromieniowana

$$P_{i2} = 44 \times 0,79 \cong 35 \text{ kW}$$

a więc mimo zmniejszenia mocy ogólnej większa niż przy fali  $7200$  m.

Przeliczenia te dowodzą wypowiedzianego poprzednio twierdzenia, że duży prąd w antenie nie idzie w parze z dużą mocą, oraz że pod względem energetycznym najkorzystniejsze są fale krótkie. Jednakże praktycznemu wyzyskaniu tych korzystnych warunków dla fal gasnących stoi na przeszkodzie bardzo znaczny wzrost tłumienia, przekraczający dopuszczalne granice ( $D = 0,36$  do  $0,42$ ).

Praca falami niegasnącymi.

Przyjmujemy, że na tej samej antenie pracuje źródło drgań niegasnących <sup>1)</sup> o sile elektromotorycznej tak dobranej, by moc promieniowana, falą  $7200$  m (a temsamem i moc ogólna) była to samo co poprzednio. A więc

$$E = \frac{90000}{140} \cong 650 \text{ Volt}$$

Długość fali optimum, dająca maximum mocy wypromieniowanej (64a)

<sup>1)</sup> W techniczne urzeczywistnienie nie wchodzimy, może to być stacja niegasnąca dowolnego typu.

$$\lambda_{\max} = \lambda_0 \sqrt{\frac{1}{0.55}} \cong \lambda_0 \cdot 1.35 \cong 3800 \text{ m.}$$

Fala ta da nam prąd w antenie (53).

$$I_{\max} = \frac{650}{6.6} \cdot \frac{1.35^2}{1 + 1.35^2 \times 0.55} = 90 \text{ amp}$$

i moc ogólną (obciążenie) w antenie

$$P_{\max} = 90 \times 650 = 58500 \text{ watów} = 58.5 \text{ kW}$$

Moc wypromieniowana (maksymalna pod tem napięciem) (65)

$$P_{i \max} = \frac{650^2}{4 \times 36} = 29250 \text{ watów} = 29.25 \text{ kW}$$

co łatwo sprawdzić, wiedząc, że sprawność wówczas wynosi 0.50.

Rozpatrując falę zasadniczą, otrzymamy prąd w antenie (53)

$$I_0 = \frac{E}{R_{i0}} \cdot \eta_0 = \frac{650}{6.6} \cdot 0.645 = 63.5 \text{ amp}$$

Moc ogólna

$$P_0 = 63.5 \times 650 = 41300 \text{ watów} = 41.3 \text{ kW}$$

zaś moc wypromieniowana

$$P_{i0} = 41.3 \times 0.645 = 26.7 \text{ kW.}$$

Tą samą moc wypromieniowaną da nam antena na fali (64)

$$\lambda_2 = \lambda_0 \frac{1}{0.55} = \lambda_0 \times 1.82 = 5100 \text{ m}$$

jednakże ze sprawnością o wiele gorszą bo wynoszącą

$$\eta_2 = \frac{1}{1 + 0.55 \times 1.82^2} \cdot 0.233 = 23.3\%.$$

Tem samem obciążenie stacji wyniesie o wiele więcej, bo (52)

$$P_2 = \frac{650^2}{6.6} \cdot \frac{1}{1 + 0.55 \times 1.82^2} \cong 73 \text{ kW}$$

zaś prąd w antenie

$$I_2 = \frac{73000}{650} = 104 \text{ amp.}$$

Teoretycznie największe obciążenie, które spowodowałyby przedłużenie fali nieskończenie wielkie (55)

$$P_{\max} = \frac{E^2}{R_r} = \frac{650^2}{3.6} = 117 \text{ kW}$$

$$I_{\max} = \frac{117000}{650} = 180 \text{ amp}$$

Są to oczywiście wielkości czysto abstrakcyjne, nadmierne przedłużenie fali dałoby się okupić jedynie znacznym wyrostem oporu strat w zwojniciach dodatkowych.

Skrócenie fali do  $0.7 \lambda_0$  da moc ogólną

$$P_3 = \frac{650^2}{6.6} \cdot 0.7^2 \cdot 0.79 \cong 25 \text{ kW}$$

zaś moc wypromieniowana

$$P_{i3} = 25 \times 0.79 = 19.6 \text{ kW}$$

a więc w każdym razie jeszcze większa niż przy fali 7200 m, gdzie wynosiła 19.3 kW.

Przebieg rezonansowe obliczymy na zasadzie (88) dla fali 7200 jako

$$V_1 = E \cdot \frac{\pi}{0.0625} = 650 \cdot \frac{\pi}{0.0625} \cong 32750 \text{ Voltów}$$

Amplituda tego napięcia

$$V_{m1} = 32750 \times \sqrt{2} \cong 46300 \text{ Voltów}$$

Napięcie to leży znacznie poniżej granicy wytrzymałości elektrycznej anteny i względem na nie nie ogranicza nas w dalszym przedłużaniu fali.

Dla fali zasadniczej przebieg wyniesie

$$V_0 = 650 \cdot \frac{\pi}{0.36} = 5680 \text{ Voltów}$$

zaś jego amplituda

$$V_{0m} = 5680 \sqrt{2} = 8000 \text{ Voltów}$$

A więc przedłużenie 2.57-krotne fali własnej wywołało wzrost napięcia w antenie

$$\frac{32750}{5680} \sim 6\text{-krotne.}$$

Przykład ten dowodzi, że dla drgań niegasnących przewaga leży bezwzględnie po stronie fal krótszych, przemawia za nimi znacznie większa chłonność i niższe napięcie maksymalne w antenie. Nie ogranicza nas zaś z dołu względem na tłumienie, który w wypadku drgań gasnących był decydujący.

Powyższe przeliczenia dają dwie wskazówki praktyczne:

Projektując antenę dla stacji o falach gasnących należy rozpatrywać przede wszystkim jej falę najkrótszą ze względu na tłumienie, zaś w antenie dla stacji o falach niegasnących decydująca jest fala najdłuższa ze względu na towarzyszące jej przebieg.

Zegrze, 9 listopada 1923.

## Nadawanie kierunkowe przy pomocy krótkich fal

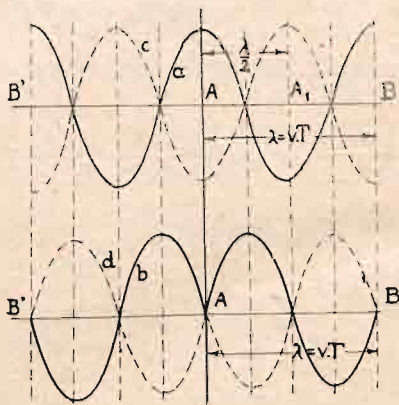
(Dokończenie).

(Streszczenie referatu inż. Eisensteina z Tow. Marconi'ego, wygłoszonego w Stow. Radjotechn. Polsk. 26.I 1925 r.).

Zasady nakładania kierunkowego.

Do wyjaśnienia metody, stosowanej przez Marconiego (radio beam system) niech posłużą następujące rozwiązania:

1. Gdy w punkcie umieszczenia anteny  $A$  (rys. 1) w danym momencie pole posiada amplitudę swej wartości, to w odległości  $\lambda = v \cdot T$  (punkt  $B$ ) będzie się ono znajdowało w tej samej fazie. W fazie z punktem  $A$  będą wszystkie punkty, których miejscem geometrycznym jest odległość  $\lambda$  od anteny, a więc i symetrycznie względem  $B$  położony punkt  $B'$ . Po



Rys. 1.

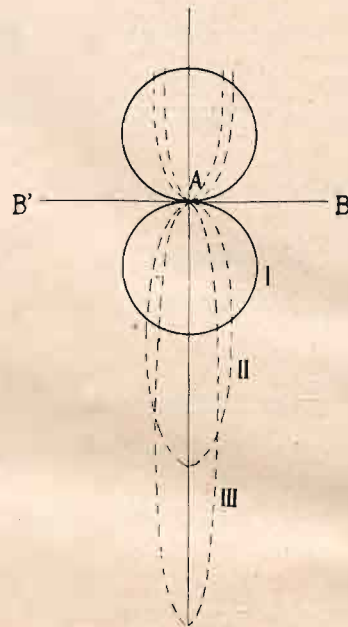
czasie  $T/4$  wartość pola w  $A$  spadnie do zera i przebieg pola w otoczeniu anteny przedstawi się w przekroju rys. 1 b. Dalsze fazy  $T/2$  i  $3T/4$  podają analogicznie wykresy 1c i 1d.

2. Jeżeli obok anteny  $A$  ustawimy drugą antenę zasilaną prądem, będącym w fazie z prądem w antenie  $A$ , pola obu anten będą się odpowiednio nakładały. Gdy odległość obu anten wyniesie  $\lambda/2$  ( $A_1$  na rys. 1) polu, promieniowanemu przez antenę  $A_1$  będzie odpowiadała krzywa  $c$ , a więc pola obu anten będą przesunięte o  $180^\circ$  względem siebie w każdym miejscu płaszczyzny, przechodzącej przez obie anteny: promieniowanie w kierunkach  $B$  i  $B'$  stanie się równem zeru, podczas gdy w kierunkach prostopadłych będzie się ono sumowało. Otrzymamy w ten sposób charakterystykę biegunową według rys. 2-go (I), a więc układ opisany urzeczywistni nam promieniowanie dwukierunkowe.

3) Kierunkowość stanie się jeszcze wybitniejszą, gdy zamiast dwu anten ustawimy cały ich szereg gęsto obok siebie. Dzięki temu w płaszczyźnie anten promieniowanie poszczególnych par anten, oddalonych o  $\lambda/2$ , będzie się znosiło, natomiast w kierunkach prostopadłych pola będą się sumowały, gdyż w kierunku tym fazy wszystkich anten będą zgodne. Charakterystyka biegunowa wydłuży się tym bardziej, im więcej par anten będzie pracowało (rys. 2, II i III). System ten daje praktycznie bardzo dobre wyniki. Przypomina to do pewnego stopnia antenę Alexandersona, z tą jednak różnicą, że antena ta jest zbyt krótka w porównaniu do długości fali, aby mogła działać kierunkowo; mamy w niej jednak zmniejszenie strat, dzięki równoległemu zasilaniu szeregu anten promieniujących.

4. Stąd łatwo już przejść do systemu jednokierunkowego. Gdy mianowicie weźmiemy 2 anteny, oddalone o  $\lambda/4$  (rys. 3) i wzbudzimy w nich prądy, przesunięte w fazie o  $\pi/4$ , to w kierunku  $B$  działanie ich zniesie się, będzie się natomiast sumowało w kierunku wprost przeciwnym —  $B'$ . Tym sposobem urzeczywistniłmy układ o charakterystyce bie-

gunowej sercowej (rys. 5.), która nie promieniuje wcale w jednym kierunku.



Rys. 2.

5. By osiągnąć bardziej wybitną jednokierunkowość, zastosował Marconi zwierciadło paraboliczne o ogniskowej, równej  $\lambda/4$  i o rozwarciu  $2 \div 4\lambda$ , utworzone z szeregu anten przesłaniających. Antena nadawcza mieści się w ognisku paraboli.

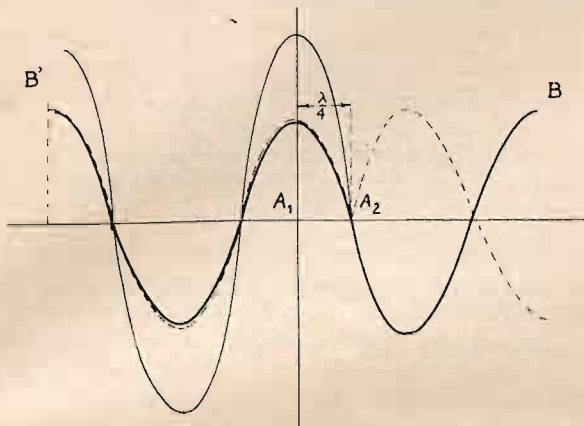
Tego rodzaju urządzenia, pracujące falami bardzo krótkimi (kilkanaście do kilku metrów), stosuje się jako t. zw. „Radio — phares”, dla kierowania statkami morskimi: W tym celu stacja jest umieszczona na ruchomej platformie, która obraca się z jednostajną szybkością podczas tego obrotu, w regularnych odstępach czasu, np. co  $5^\circ$ , stacja wysyła poszczególne znaki alfabetu Morse'a. Statek, wjeżdżający do portu, manewruje tak, aby jego stacja odbiorcza stale odbierała ten sam znak, i dzięki temu zachowuje stały kurs.

6. Zastosowanie reflektora parabolicznego nie jest jednakowoż racjonalnym rozwiązaniem kwestji nadawania kierunkowego. Nadaje tu bowiem jedna tylko antena, chcąc więc zwiększyć natężenie pola promieniowanego, należałoby zwiększyć w niej proporcjonalne natężenia prądu, a zatem moc doprowadzoną w stosunku kwadratowym.

O wiele lepiej osiągnął Marconi swój cel, stosując reflektor płaski. A mianowicie, gdy umieścimy obok siebie szereg par anten według rys. 3-go, otrzymamy dwie równoległe płaszczyzny anten, oddalone od siebie o  $\lambda/4$ , jedną promieniującą, drugą odbijającą reflektującą. — Układ ten będzie kombinacją dwukierunkowego z sercowym, jedna z połówek symetrycznych rys. 2 III. zaniknie, podczas gdy druga dwukrotnie wzrośnie i układ stanie się wybitnie jednokierunkowym (rys. 4.). Przy odpowiedniej szerokości układu anten (od  $2\lambda$  do  $8\lambda$ ) osiągnąć można zbierność promieni, dochodząc do  $5^\circ$ .

Zasilanie reflektora odbywa się w sposób bardzo prosty. Ponieważ prąd indukcyjny w warunkach rezonansu przesunięty jest w fazie o  $\pi/2$  w stosunku do prądu pierwotnego wystarczy umieść-

cię w odległości  $\lambda/2$  od anteny promieniującej drugą antenę nie zasilaną, by osiągnąć żądany skutek reflektorowy, dzięki powstającym w niej prądom indukcyjnym. W ten sposób reflektor, ustawiony w odległości  $\lambda/2$ , zasilany jest automatycznie z anteny.



Rys. 3.

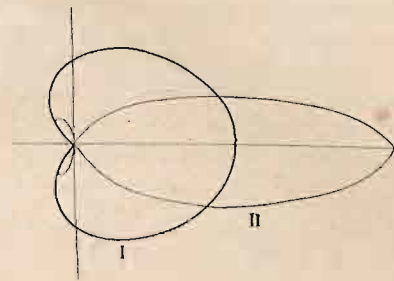
Opisany sposób jest zasadą systemu radio — beam'n Marconiego, obecnie powszechnie stosowanego.

**Zwiększenie energii promieniowanej.**

Klasyczna antena prosta uziemiona, która drga falą  $\lambda = 4l$ , posiada, jak wiadomo, opór promieniowania równy około  $40 \Omega$ , jej sprawność promieniowania jest więc naogół dość znaczna. Możemy ją jednak o wiele lepiej wykorzystać, każąc, jej drgać falą  $\lambda = 2l$ , wówczas bowiem opór promieniowania jest czterokrotny. Antenę taką, izolowaną od ziemi, zasilają w połowie jej długości drogą sprzężenia indukcyjnego.

W wykorzystaniu wysokości anteny można się posunąć jeszcze dalej, wzbudzając ją falami znacznie krótszemi. Tu jednak napotykamy na pewną trudność. Antena symetryczna ( $\lambda = 2l$ ), pobudzona drugą harmoniczną ( $\lambda = 2l$ ), drgać będzie w ten sposób, że jedna jej połowa zawsze będzie wytwarzała pole, przesunięte w fazie  $\pi/2$  względem drugiej połowy (rys. 5). Pola te rzecz oczywista, będą się niweczyły. Wady tej można uniknąć w sposób bardzo prosty drugą połowę anteny zastępujemy zwojnicą, posiadającą falę własną, równą  $\lambda = l$ . Zwojnica ta, włączona w środek anteny, przedstawia niejako pół fali „ujemnej”, pozwalając obu połówkom anteny drgać w kierunku tymsamym (rys. 5 b); włączając w antenę dwie takie cewki można osiągnąć, że antena będzie drgała, falą równą  $\lambda = \frac{2}{3}l$ , gdzie  $l$  jest całkowitą wysokością anteny (rys. 5 c). Energia, promieniowana przez taką antenę 3 piętrową, jest rzecz prosta olbrzymia. Siła elektromotoryczna, dostarczana przez generator lampowy, działa na końcówkach jednej z cewek. Zwojnice kompensacyjne można zastąpić kondensatorami, włączonemi szeregowo w antenę. S E M działa w tym przypadku na okładzinach kondensatora okładziny poszczególnych anten łączy się zwykle między sobą. Często tworzą je druty, rozpięte prostopadłe do układu anten (rys. 6). Spotyka się również pojemności końcowe i zwojnice kompensacyjne równocześnie.

By we wszystkich antenach osiągnąć zgodność faz, konieczne jest zasilanie układu w kilku punktach, tak np. antena szerokości  $4 \lambda$  wymaga 3 do 4 punktów zasilających. Przewody zasilające muszą być aperiodyczne i dokładnie tej samej długości.



Rys. 4.

**Generatory.**

Energii szybkozmiennej dostarczają generatory lampowe. Trudności wykonania ich są tem większe, im krótsza jest fala i im większa jest energia drgań. Krótkie fale bowiem siłą rzeczy dopuszczają małą pojemność obwodu, chcąc więc osiągnąć dostateczną moc, należałoby nadmiernie podwyższyć napięcie. Napięcie jednakże jest ograniczone wytrzymałością lampy i nie powinno przekraczać 20 000 woltów. Dlatego do większych mocy (począwszy już od 2 do 3 kW) stosuje się po kilka generatorów równoległych o wspólnem wzbudzeniu obcem.

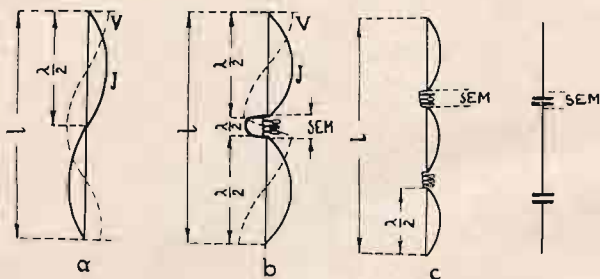
Z powodu olbrzymiego oporu promieniowania nie można uważać anten za obwody rezonansowe, długość fali zależy wyłącznie od generatora. Dlatego też anteny nie są wrażliwe na ewentualne zmiany długości fali własnej, a nawet — co więcej — można pracować na nich jednocześnie dwoma falami, różniącemi się o 5 do 10%. Można również używać naprzemian anteny jako reflektora i reflektora jako anteny, wykorzystując w ten sposób urządzenie do nadawania w przeciwnych kierunkach. Ma to miejsce np. w Kanadzie w korespondencji z Australją, gdzie wysyła się fale zawsze w kierunku tej półkuli, na której w danym czasie jest noc.

**Wpływy atmosferyczne.**

Jak już zaznaczono, fale krótkie ulegają bardzo silnej absorpcji, zwłaszcza w pobliżu anteny nadawczej. Szczególnie niekorzystnymi okazały się miasta i lasy. Najkorzystniejszym miejscem dla ustawienia stacji są wzgórza na otwartym terenie, a w szczególności na wybrzeżu morskiem. W stopniu znacznie większym, niż fale dłuższe, wrażliwe są fale krótkie na pory dnia jednakże, zmiany siły odbioru nie następują tak gwałtownymi skokami, zauważono raczej pewną proporcjonalność między stanem słońca i absorpcją. Absorpcja okazała się najsilniejszą, gdy słońce stoi w zenicie, zaś po zachodzie słońca maleje ona gwałtownie. Stwierdzono, że w przeciwieństwie do przesyłania w dzień, kiedy dla fali 100 m i odległości 3 000 km wynosi ona  $6 \cdot 10^{-7}$ , dochodzi ono w nocy do wartości 0,5 a nawet 0,6. Temu w znacznej części zawdzięczają fale krótkie swój znaczny zasięg. Wpływ dnia i nocy znosisię do pewnego stopnia dzięki temu, że stacje te służą do korespondencji na znaczne odległości, tak iż fale przebywają

zawsze część drogi w dzień, część—w nocy. Według umowy, zawartej przez Tow. Marconiego, zbudowanie przez nie stacje powinny wykazać się szybkością pracy, wynoszącą 100 słów efektywnych na minutę (t. zn. z odliczeniem czasu na wywoływanie, powtarzanie depezy i t. d.). Przytem czas korespondencji w ciągu doby winien być następujący:

Anglja — Kanada	18	godzin	na	dobę
Anglja — Australja	7	"	"	"
Anglja — Afryka pld.	11	"	"	"



Rys. 5.

Praktyka wykazała, że czas pracy na tych liniach jest znacznie dłuższy, niż gwarantowała umowa.

Co się tyczy zanikania (fading'u), to obserwacje zeszłoroczne wykazały, że najsilniej podlegają mu fale od 200 do 300 m, znacznie mniej objawia się on przy 100 m, fale zaś jeszcze krótsze, włączenie do 30 m, wcale go nie okazują.

Dotychczasowy rozwój stacji kierunkowych.

Stacjami typu opisanego, które narazie jeszcze znajdują się w stadium doświadczalnym, osiągnięto już bardzo piękne wyniki praktyczne. I tak stacja doświadczalna w S-te Assise, która pracuje na 15 równoległych antenach wysokości 15 m mocy ok. 10 kW w antenie, daje w Buenos Aires nocą znacznie silniejszy odbiór, niż stacja 500 kW na masztach 250 m. Wyniki prób są tak przekonywujące, że buduje się obecnie 6 central. transatlantyckich, każda na 3 do 4 kierunków o mocy zaledwie 20 do 25 kW zasilania wstrzymano zaś budowę niektórych stacji transatlantyckich dużej mocy.

Fale stosowane wahają się w granicach od 70 do 160 m, były jednakże udatne próby wykorzystania fal rzędu 30 m, a nawet jeszcze krótszych. Ostatnio Marconi osiągnął odległość 100 km falami 6-metrowymi przy mocy zasilającej  $\frac{1}{2}$  kW.

Zalety nadawania kierunkowego.

System kierunkowy Marconi'ego oznacza ogromny postęp w rozwoju radjokomunikacji. Zalety jego streścić można w słowach następujących:

1-o Mała moc zasilająca, małe koszty inwestycyjne, stąd ekonomja ruchu i szybka amortyzacja, która ze względu na szybki rozwój radjotechniki jest niezbędnym warunkiem rentowości stacji.

2-o Znaczna szybkość nadawania, która — uwzględniając warunki elektryczne — może dojść do 300 słów na minutę, w porównaniu z falami długimi, które dopuszczają zaledwie 60 do 70 słów. Szybkość ta jest ograniczona jedynie względami mechanicznymi (bezwładność i wibracje przyrządu piszącego), które

jednak w znacznym stopniu pokonano, wynajdując metodę chemiczną rejestrowania znaków.

Szybkość nadawania jest również bardzo doniosłym czynnikiem w ekonomicznej eksploatacji stacji.

3-o Krótkie fale są bardzo korzystne dla radjotelefonji, dopuszczając znaczny procent modulacji.

## Najlepsza fala nadawcza.

Rozpatruje ją Stuart Ballantine pod założeniem, że rozkład prądu dla wszystkich fal pozostaje sinusoidalny, że ziemia jest idealnym przewodnikiem i że całkowity opór anteny jest oporem promieniowania.

Definiuje jako najlepszą fale tę, która daje największe natężenie pola w kierunku poziomym, a nie tę, której opór promieniowania jest największy. Autor wychodzi z wektora Poyntinga, z którego wyprowadza natężenie pola elektrycznego

$$E \vartheta = \frac{2 I}{c \cdot r} \cos \omega \left( -\frac{c}{r} \right) \frac{\cos a - \cos (a \cos \vartheta)}{\sin \vartheta} \text{cgs (1)}$$

gdzie

$c$  = szybkość światła

$r$  = odległość od anteny

$$a = \frac{\pi \lambda}{2 \lambda}$$

$f$  = czas

$\vartheta$  = kąt zawarty między pionem a kierunkiem  $r$ .

dla promieniowania w kierunku poziomym, a więc

dla  $\vartheta = \frac{\pi}{2}$  amplituda pola sprowadza się do postaci

$$E \max = \frac{2 I}{c r} \left[ 1 - \cos \left( \frac{\pi \lambda_0}{2 \lambda} \right) \right] \dots (2)$$

Najkorzystniejsza będzie ta fala, która przy najmniejszej mocy promieniowania da nam pewne  $E$ . Żądanie nasze

będzie spełnione, gdy stosunek  $\sqrt{P}$  osiągnie maximum.

Uwzględniając, że  $P = I^2 \cdot R$ , gdzie  $R$  jest oporem promieniowania w brzescu prądu (patrz notatka poprzednia), mamy

$$\frac{E}{\sqrt{P}} = \text{const.} \frac{1 - \cos \left( \frac{\pi \lambda_0}{\lambda \lambda} \right)}{\sqrt{R}} \dots (3)$$

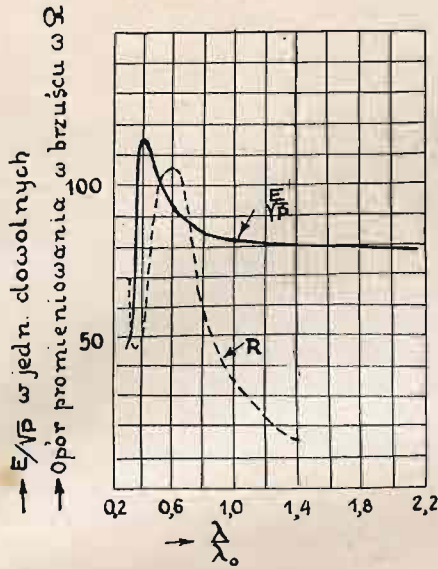
Pozostawiając  $R$  zależnie od  $\frac{\lambda_0}{\lambda}$  otrzymujemy krzywą rys.

1-go, z której wynika, że najkorzystniejszy jest stosunek

$$\frac{\lambda_0}{\lambda} = 0,39.$$

Autor rozpatruje również pionową charakterystykę promieniowania anten, pracujących krótkimi falami, a więc wektor Poynting'a jako funkcję kąta  $\vartheta$  (rys. 2.  $a$  do  $a$ ). Widać z nich, że przy falach  $\lambda < \lambda_0$ , promieniowanie w kierunku poziomym jest intensywniejsze. Poniżej  $\frac{\lambda}{\lambda_0} = 0,5$

## Opór promieniowania anteny prostej dla fal krótszych od podstawowej.



Rys. 1.

Zakładając, że sinusoidalny rozkład prądu w antenie można przyjąć i dla fal różnych od podstawowej, Stuart Ballantine oblicza opór promieniowania anteny prostej dla fal krótszych od podstawowej. Przyjmując ponadto, że ziemia jest idealnym przewodnikiem, autor oblicza opór w brzucu prądu  $R_{(br)}$  i opór u podstawy anteny  $R_0$ .

$$R_{br}(\Omega = 60 [\cos^2 a \cdot S_1(2a) - \frac{1}{4} \cos 2a \cdot S_1(4a) - \frac{1}{2} \sin 2a \{S_2(2a) - \frac{1}{2} S_2(4a)\}])$$

$$R_0 \Omega = \frac{60}{\sin_2 a} [\cos a \cdot S_1(2a) - \frac{1}{4} \cos 2a \cdot S_1(4a) - \frac{1}{2} \sin 2a \{S_2(2a) - \frac{1}{2} S_2(4a)\}]$$

We wzorach tych oznaczają:

$$a = \frac{\pi \lambda_0}{2 \lambda} \text{ gdzie } \lambda_0 = \frac{l}{4} \text{ (fala podstawowa zaś funkcje } S_1 \text{ i } S_2 \text{ wyrazić można w przybliżeniu szeregami}$$

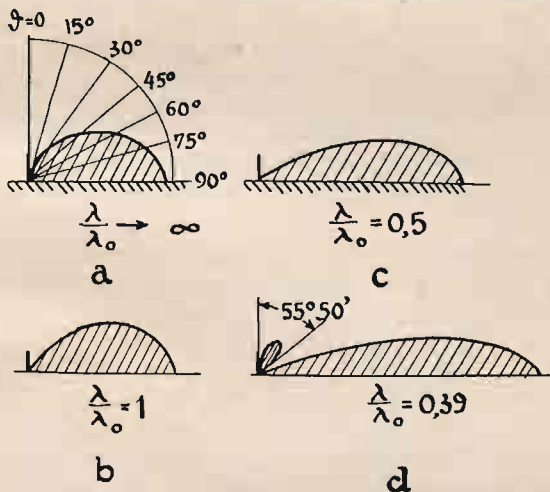
$$S_1(x) \cong \log x + 0,5772 - \frac{\sin x}{x} \left( 1! - \frac{2!}{x^2} + \frac{4!}{x^4} + \dots \right) + \frac{\cos x}{x} \left( \frac{1!}{x} - \frac{3!}{x^3} + \dots \right)$$

$$S_2(x) \cong \frac{\pi}{2} - \frac{\cos x}{x} \left( 1! - \frac{2!}{x^2} + \frac{4!}{x^4} - \dots \right) - \frac{\sin x}{x} \left( \frac{1!}{x} - \frac{3!}{x^3} + \dots \right)$$

Zapomocą tych wyrazów autor obliczył następującą tablicę:

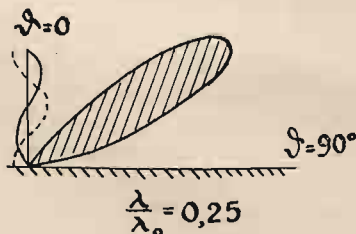
$\lambda/\lambda_0$	$a$	$R_0$	$R_{(br)}$	$\lambda/\lambda_0$	$a$	$R_0$	$R_{(br)}$
1,40	1,122	15,08		0,524	3,0	5 270	104,54
1,20	1,310	22,10		0,507	3,1	58 200	101,1
1,15	1,368	24,75		0,492	3,2	27 900	97,2
1,05	1,497	31,64		0,448	3,5	650	80,0
1,00	1,570	36,54	36,54	0,418	3,75	191	62,52
0,98	1,6	40,0	38,61	0,362	4,00	88,0	50,40
0,872	1,8	55,5	52,80	0,369	4,15	55,8	44,66
0,785	2,0	83,0	68,82	0,349	4,5	46,0	44,16
0,700	2,25	143,5	86,57	0,342	4,6	46,8	46,42
0,654	2,4	210	95,45	0,314	5,0	79,5	73,01
0,571	2,75	730	106,0				

mamy dwie fale promieniowane, jedną poziomą, drugą, o mniejszej znacznie intensywności pod pewnym kątem w górę. Gdy dojdziemy do wartości  $\frac{\lambda}{\lambda_0} = 0,25$ , a więc  $\lambda = l$  anteny, fala pozioma zanika zupełnie, a pozostają



Rys. 2.

fala górna, promieniująca najsilniej pod kątem  $\vartheta = 37^\circ$ . Zdaniem autora ten układ mógłby być wykorzystany do badania warstwy Heavysids'a. Nie nadaje się on jednak do normalnej korespondencji na powierzchni ziemi.



Rys. 3.

(Stuart Ballentine, On the Optimum Transmitting, Wave Length for a Vartical Antenna over Perfect Earth Proc. I. R. E. 12, str. 133, 1924). K. K.

Jak widać z tej tabelki,  $R_0$  dąży do nieskończoności dla  $\frac{\lambda_0}{\lambda} = 0,5$  co jest oczywiste, gdyż dla tej fali  $I_0 = 0$ . Jest rzeczą charakterystyczną, że maximum oporu promieniowania w brzości nie jest maximum przy  $\frac{\lambda_0}{\lambda} = 0,5$ , lecz przy 0,56, jak również że minimum nie występuje przy  $\frac{\lambda_0}{\lambda} = 0,33$ , lecz przy wartości większej. Przebieg  $R$  ( $br$ ) wykreślono na rys. 1-szym następującej notatki.

(Stuart Ballantine, On the Radiation Resistance of a simple Vertical Antenna at Wave Lengths below the Fundamental, Proc. I. R. E. 12, str. 823 1924).

K. K.

## Stowarzyszenia i organizacje.

### Stowarzyszenie Radjotechników w Warszawie.

Dnia 18 marca b. r. odbyło się doroczne walne zebranie Stowarzyszenia Radjotechników Polskich.

W skład nowoobranego Zarządu Stowarzyszenia weszli: prezes: inżynier Józef Plebański; pierwszy wiceprezes: dr. Moroński; drugi wiceprezes: prof. Peczański; sekretarz gen. i skarbnik: dyrekt. Adam Dąbrowski; zastępca sekretarza: B. Was; referent odczytowy: inż. W. Scazighino; bibliotekarz: por. Jasiński, referent naukowy i delegat do Polskiego Komitetu Elektrotechnicznego: inż. B. Zieleniewski delegaci do Centralnego Komitetu Polskich Zrzeszeń Radjotechnicznych: inż. B. Zieleniewski, inż. W. Heller; zastępcy delegatów: ks. prałat Podbielski, inż. W. Scazighino; redakcja „Przeгляdu Radjotechnicznego”: mjr. inż. Krulicz, kpt. Noworolski; wymiana literatury z zagranicą: dr. Moroński.

W wykonaniu uchwał Walnego Zebrania nowoobraný Zarząd postanowił rozwinąć szeroką działalność zdążającą do jaknajwiększego rozwoju radjotechniki w Polsce; w tym celu Zarząd zamierza;

1) ściśle współpracować z kołami prowincjonalnymi i przystąpić do organizacji kół tam, gdzie ich jeszcze niema t. j. w Krakowie i we Lwowie;

2) współpracować ze Stowarzyszeniem Elektrotechników Polskich na zasadzie wspólnego porozumienia;

3) współpracować z Polskim Komitetem Elektrotechnicznym;

4) współpracować ze wszystkimi Zrzeszeniami radjoamatorskimi w szczególności przez delegowanie członków Swego Zarządu do Centralnego Komitetu Polskich Zrzeszeń radjotechnicznych.

5) organizować odczyty naukowe, będące dalszym ciągiem obecnych odczytów w Stowarzyszeniu Radjotechników Polskich;

6) ożywiać działalność na polu literatury radjotechnicznej;

7) popierać szkolnictwo zawodowe radjotechniczne;

8) wezwać wszystkich inżynierów i techników, pracujących na polu radjotechniki do występowania do Stowarzyszenia radjotechników Polskich.

P. S. Do Komisji zostali obrani: dyr. inż. Karsnicki, pułk. Niepołomski.

## Nowe wydawnictwa.

**Carl Lübben.** „Röhren Empfangsschaltungen für die Radiotechnik”. Verlag Herman Meusser, Berlin 1925 206 str. 283 rys.

Książka niniejsza stanowi pierwszy tom zapowiedzanego zbioru „Die Hochfrequenz Technik” pod redakcją Dr. Lübbena, radcy niemieckiego Urzędu Patentowego.

We wstępie dziełko podaje w krótkości teorię drgań elektrycznych i lamp katodowych; w głównej części zawiera 191 schematów układów odbiorczych detektorowych, audionowych i ultraaudionowych, małej i wielkiej częstotliwości układów dla fal krótkich, odbiorników superheterodynowych, refleksyjnych z detektorem stykowym, lampą ultraaudionową i t. zw. duplex refleksyjnych, układów superreakcyjnych Armstronga i Flewellinga oraz układów do eliminowania przeszkód za pomocą anten aperjodycznych (Reinartz), obwodów filtrowych, anten podwójnych, obwodów absorpcyjnych i z obojętnym przyłączeniem anteny. Poza tem, podane są układy z antenami kierunkowymi, sposoby zasilania odbiorników od sieci oświetleniowej i układy t. zw. unidynowe bez baterji anodowej.

Na końcu książka zawiera szczegółowe źródła do każdego układu, szereg tabel odnoszących się do części składowych odbiorników i pięć tablic z wykresami charakterystyk lamp katodowych oraz alfabetyczny spis rzeczy.

Dziełko przeznaczone jest dla fachowych konstruktorów radjoodbiorników, jako książka podręczna dla prędkiego odnajdywania odpowiedniego układu do odpowiedniego celu.

Autor przypuszcza, że zasady działania układów znane są czytelnikowi i dlatego zaopatrują poszczególne schematy w bardzo krótkie opisy orjentacyjne.

Książka robi wrażenie, że autor chciał wyczerpać całokształt zagadnienia. Szkoda tylko, że zbyt powierzchownie potraktował aktualne obecnie układy superheterodynowe oraz pominął zupełnie układy z detekcją za pomocą modulacji (Jouaust), układy z lampami symetrycznymi dla odbioru fal krótkich (Mesny), odbiorniki ultrarefleksyjne i neutrodynowe małej częstotliwości.

Za ujemną stronę dziełka poczytywać należy brak uwag krytycznych autora o poszczególnych układach; szczególnie dotyczy to działu najnowszych układów do usuwania przeszkód za pomocą przesunięcia fazy.

Bardzo szeroko potraktowana bibliografia pozwoli czytelnikowi łatwo odnaleźć w literaturze potrzebne szczegóły do każdego schematu odbiorczego nie wyłączając źródeł francuskich, co rzadko spotkać można w dotychczasowych wydawnictwach niemieckich.

Pewną niespodzianką, ze względu na pedantyzm niemiecki, stanowią dość liczne przeoczenia w oznaczeniach literowych na rysunkach.

Każdy rozdział zaopatrzony jest na końcu w kilka kartek niezadrukowanych dla ewentualnych uzupełnień.

Wydanie i druk bardzo staranne.

St. Jasiński.