



POLSKIEJ RZECZYPOSPOLITEJ LUDOWEJ

OPIS PATENTOWY

Nr 38692

Kl. 21 a⁴, 48/02

Inż. mgr Józef Plebański

Warszawa, Polska

Układ radiogoniometryczny

Patent trwa od dnia 17 marca 1952 r.

Wynalazek dotyczy układu radiogoniometrycznego z zastosowaniem pola wirującego. Wytworząc w antenach nadawczych pole wirujące, można zbudować bardzo prosty układ radiolatarni. Z drugiej strony wytwarzając pole wirujące w którymkolwiek miejscu odbiornika, można zbudować prosty układ goniometryczny.

Układ według wynalazku jest uwidoczniiony na rysunku, przy czym fig. 1 przedstawia układ dwóch ram skrzyżowanych lub anten Adcock'a i otwartej anteny do wypromieniowywania pola wirującego i fazy odniesienia, fig. 2 — układ radiolatarni, fig. 3 — układ odbiornika do odbioru sygnałów radiolatarni według fig. 2, fig. 4 — sposób kluczowania w układach według fig. 2 i 3, fig. 5 — odbiorczy układ goniometryczny do dokładnego określania kierunku niewiadomych stacji, fig. 6 — układ rozciągniętej skali goniometru, fazometru lub urządzenia zegarowego do dokładnego określania faz lub kierunków, fig. 7 — sposób kluczowania, jak na fig. 4, jednak z powielaczem częstotliwości, fig. 8

zaś — wykres zwiększania się dokładności pomiaru wraz ze zwiększaniem stopnia powielania.

Na fig. 1, przedstawiono dwie skrzyżowane ramy lub anteny Adcocka, przy czym jedna z ram lub jedna para anten Adcocka jest zasilana prądami przesuniętymi w fazie o 90° względem prądów zasilania drugiej ramy lub drugiej pary anten Adcocka. W tego rodzaju zespole antenowym jest wypromieniowywane pole wirujące.

Natężenie pola w oddalonym punkcie P wynosi $E \cdot \sin(\omega t \pm \alpha)$, przy czym zmianę plusa na minus przy α można osiągnąć przez obrócenie fazy w jednej ramie lub jednej parze anten Adcocka o 180°. Inaczej mówiąc, faza w tym oddalonym punkcie P będzie równa $\pm \alpha$, czyli będzie odpowiadała kierunkowi. Zamiast układu dwufazowego, można zbudować układ wielofazowy, np. układ trójfazowy z trzema ramami lub sześcioma antenami Adcocka, ewentualnie z trzema antenami pojedynczymi.

W celu określenia kierunku promieniowania

w punkcie P należy odbierać prócz tego fazy odniesienia. Fazę tę może dostarczać antena otwarta, umieszczona w punkcie O, z fazą zerową, np. fazą, odpowiadającą fazie pola wirującego w kierunku OA (będącym np. kierunkiem południe — północ). Wobec powyższego cały układ radiolatarni może być nader prosty.

Na fig. 2 przedstawiono urządzenie radiolatarni, złożone ze schematycznie przedstawionego nadajnika i anteny według fig. 1.

Nadajnik składa się ze wzbudnicy (np. generatora ze stabilizacją kwarcową lub inną), która poprzez dwa wzmacniacze 1, 2 pobudza z jednej strony wzmacniacze 3, 4, w których np. dokonuje się przesunięcie napięcie o 90° względem siebie, po czym napięcia te wzbudzają anteny Adcocka (lub ramy); z drugiej strony wzbudnica pobudza poprzez przesuwnik fazowy wzmacniacz 5 i antenę otwartą.

Zamiast umieszczania przesuwnika fazowego w gałęzi otwartej anteny można go umieścić między punktami A i B, aby zmieniać fazę pola wirującego.

W przypadku tej odmiany można po prostu dla uzyskania tego samego efektu obracać układ dwóch skrzyżowanych ram lub też goniometr, posiadający jednak dwie (zamiast jednej) ruchome cewki, przesunięte względem siebie o 90° .

W ten sposób natężenie pola w oddalonym punkcie P będzie np. wynosić:

$$E \sin(\omega t + \alpha) + E \sin(\omega t + \varphi - 180^\circ) = \\ = 2E \cos\left(\frac{\alpha - \varphi + 180^\circ}{2}\right) \cdot \sin\left(\omega t + \frac{\alpha + \varphi + 180^\circ}{2}\right)$$

przy czym sygnał będzie zanikał,

$$\text{gdy } \frac{\alpha - \varphi + 180^\circ}{2} = 90^\circ \text{ tj. } \text{gdy } \alpha = \varphi.$$

Jeżeli więc nadajnik według fig. 2 będzie, po nadaniu np. sygnału rozpoznawczego, w ciągu jednej minuty przesuwając fazę φ od 0° do 360° , to w oddalonym punkcie P sygnał będzie wygasał (zanikał) wtedy, kiedy mechanizm zegarowy na stacji nadawczej ustawi fazę φ tak, że będzie ona równa α . Wobec tego, używając do określenia kierunku promieniowania odbiornika, przedstawionego na fig. 3, można dokładnie określić kierunek α za pomocą pomiaru czasu (np. stoperem), jaki upływa od początku obrotu fazy do chwili zaniku sygnału.

Układ odbiorczy, przedstawiony na fig. 3, zawiera oprócz zwykłego odbiornika ze wzmacniaczem końcowym heterodynę i powielacz często-

liwości. Powielacz częstotliwości może być przy tym wyłączany. Heterodyna potrzebna jest po to, aby niemodulowane drgania ze stacji nadawczej ujawniać przez zamianę ich na różnicowe drgania akustyczne.

Nadawanie z radiolatarni sygnałów falami nie modulowanymi ma tę zaletę, że sygnały takie nie zajmują szerszego pasma częstotliwości w przeciwieństwie do fal modulowanych i układów impulsowych (np. Loran).

Przedstawiony na fig. 2 przesuwnik fazowy z napędem zegarowym zapewnia dokładność, wystarczającą dla celów praktycznych, tj. przypuszczalnie $0,1^\circ$. Tym nie mniej, gdy wymagana jest jeszcze większa dokładność, można zamiast przesuwnika mechanicznego użyć modu-

lacji bardzo niskiej częstotliwości np. $\frac{1}{60}$ c/s.

W tym przypadku częstotliwość ta, tj. $\frac{1}{60}$ c/s

powstała przez dzielenie częstotliwości może być ustabilizowana przez tę samą wzbudnicę według fig. 2, która stabilizuje cały nadajnik. W przypadku jednak zastosowania tego sposobu, np. w odniesieniu do ciągłej zmiany fazy w antenie otwartej należy między wzmacniacz 2 i 5 (fig. 2) włączyć specjalne urządzenie modulatoryjne do modulacji jedynie fazy przy stałej amplitudzie. W takim modulatorze fazy otrzymuje się modulację, na którą złożą się napięcia modulujące i modulowane, przy czym, oznaczając przez $p = 2\pi f$ pulsację modulującą, otrzymuje się napięcie modulowane według wzorów:

$E \sin pt \cdot \sin \omega t$ — w jednym wzmacniaczu,

$E \cos pt \cdot \cos \omega t$ — w drugim wzmacniaczu.

Dodając lub odejmując te napięcia otrzymuje się wyrażenie $E \cos(\omega t \pm pt) = E \cos(\omega t \pm \varphi)$, określające napięcie, zapewniające stałą amplitudę promieniowania z otwartej anteny ze zmieniającą się o 360° fazą w sposób synchronizowany, np. w ciągu jednej minuty. W ten sposób można zapewnić bardzo precyzyjną zmianę fazy promieniowania otwartej anteny, anten ramowych lub Adcocka zależnie od potrzeby.

Na fig. 2 oprócz przesuwnika fazowego przedstawiono urządzenie, oznaczone słowem „kluczowanie”. Stanowi ono znane urządzenie do nadawania znaków Morse’a w sposób mechaniczny, tj. za pomocą obracanych mechanicznie urządzeń kluczujących. Urządzenia tego rodzaju znane są pod nazwą nadajników kodowych i mogą nadawać dowolny program, powtarzalny automatycznie, np. znak rozpoznawczy, a po tym kropki i kreski nadawane w sposób wiązany tak,

że np. kreska trwa $5/6$ sekundy, a następująca po niej kropka — $1/6$ sekundy, po czym nadaje się ponownie kreskę itd. Kropki w tym układzie odpowiadają dokładnie przerwom między kreskami.

Kluczowanie może być stosowane we wzmacniaczu 2 lub 5 przed lub za przesuwnikiem fazowym.

Kluczowanie to może służyć do przełączania fazy φ fali nadawanej z anteny otwartej o 180° .

Jeżeli wektor i odnośna faza α wektora pola wirującego w oddalonym punkcie odpowiada położeniu wektora OA na fig. 4, to klucząc w ten sposób, aby wektorowi OB z otwartej anteny odpowiadały kreski, zaś po przełączeniu (wektor OC) — kropki, odpowiednie wektory wypadkowe (fig 4) stanowią: wektor OB' dla kresk i wektor OC' dla kropek. Ponieważ amplituda wektora OB' jest większa od amplitudy wektora OC' , to w chwili, odpowiadającej fig. 4, będą słyszane kreski. Chwila zlania się kresk i kropek w jeden ton nastąpi wówczas, gdy $OB' = OC'$, tj. w chwili, kiedy faza ψ będzie się równała $90^\circ - \alpha$. Znaczący to, że przy stosowaniu kluczenia kierunek lub fazę można ustalić nie według zaniku sygnału a według ciągłości sygnałów akustycznych.

Sposób ustalania kierunków przez kluczenie jest dokładniejszy niż sposób zanikowy. Oprócz tego w sposobie zanikowym bardzo ważną jest równość (i to dokładna) amplitud porównywanych faz. W sposobie kluczenia amplitudy dwóch porównywanych faz mogą się różnić nawet znacznie bez pogorszenia jakości namiaru.

W celu ustalenia kierunku dalekiej stacji nadawczej wysyłającej zwykle pole (nie wirujące) można użyć urządzenia, podobnego do nadajnika według fig. 2, jednak z pewnymi zmianami. Tego typu odbiornik goniometryczny jest przedstawiony na fig. 5.

W urządzeniu tym z każdej ramy lub z każdej pary anten Adcocka oraz z anteny otwartej doprowadza się wzbudzone napięcia odpowiednio do wzmacniaczy 1, 2, 3, po czym transponuje się sygnał na pośrednią częstotliwość, przesuwając we wzmacniaczach I, II fazy tych napięć o 90° względem siebie. Napięcia porównuje się na wyjściu układu z fazą odniesienia. Ponieważ kierunek zależy od wielkości przesunięcia fazowego, wynikającego z tego porównania, przesuwnik fazowy, umieszczony w dowolnym miejscu układu, np. we wzmacniaczu III, wskazując fazę, jednocześnie wskazuje kierunek.

Na fig. 5 uwidoczniono również powielacz

częstotliwości, bliżej omówione w dalszym ciągu opisu.

Jeżeli nie stosuje się powielania częstotliwości, należy np. na wyjściu wzmacniacza III umieścić przesuwnik fazowy i kluczenie lokalne, (które można przeprowadzać i we wzmacniaczu 3 lub III) w sposób, wyżej opisany dla radiolatarni, a następnie należy porównywać fazy ze wzmacniaczy I i II (układ dwufazowy) i ze wzmacniacza III po przesunięciu fazy. W ten sposób można ustalić niewiadomy kierunek stacji w sposób jednoznaczny, ponieważ przy ruchu fazometra od 0° do 360° tylko w jednym miejscu otrzyma się zanik sygnału, przy czym kąt zaniku będzie odpowiadał kierunkowi stacji. Przy użyciu kluczenia równość sygnałów (ciągły ton) nastąpi bądź po nadawanych kreskach, bądź po kropkach, zależnie od konstrukcji. Sposób określania jest również jednoznaczny.

Należy dodać, że w odbiorniku według fig. 5 fazometr należy napędzać ręcznie. Jeżeli chodzi o kluczenie, to aby nie zmylić, co po czym idzie, stosuje się kreski i kropki. Obracając w odwrotnym kierunku (w lewo), właściwy kierunek wskaże np. równowaga sygnałów po kropkach, a nie po kreskach, jak to by miało miejsce przy obracaniu w pierwotnym kierunku (w prawo).

Jak już wyżej zaznaczono, na fig. 3 i 5 uwidoczniono ponadto powielacz częstotliwości. Urządzenia te mogą być pominięte w uproszczonej konstrukcji. Stosuje się je w celu zwiększenia dokładności pomiaru.

Jak wiadomo, przy powielaniu częstotliwości powiela się nie tylko częstotliwość, ale i fazę. Oprócz tego wobec nieliniowości charakterystyk powielaczy amplitudy napięć zwiększają się proporcjonalnie do potęgi równej iloczynowi powielania.

Powyższe zjawisko zastosowane w urządzeniu według fig. 2, 3 i 5, może być wykorzystane do zwiększenia dokładności pomiaru. Jeżeli mianowicie w układzie wektorów według fig. 4 zastosować powielanie, np. 3-krotne, to amplitudy OC' i OB' przekształcą się na amplitudy OC'' i OB'' (fig. 7) i różnica między nimi wzrośnie.

Wobec tego jeżeli stosownie do fig. 8 amplitudy bez powielania będą się zmieniać według krzywych I i II, to po powielaniu będą się zmieniać według krzywych III i IV. Jak widać stromość tych krzywych jest większa w punktach równości sygnałów, co powoduje zwiększenie „ostrości“ pomiaru, czyli dokładności odczytu.

Należy zauważyć, że przy powielaniu należy

stosować ogranicznik amplitudy, co jest rzeczą znaną w tego rodzaju urządzeniach. Krzywe *III* i *IV* na fig. 8 odpowiadają przypadkowi zastosowania ogranicznika.

Należy dodać, że na fig. 5 po źródle pośredniej częstotliwości pożyteczne jest użycie heterodyny lub oscylatora, aby odbieranemu sygnałowi nadać bardzo małą częstotliwość, np. 100 c/s, a potem powielić np. 10-krotnie do 1000 c/s. W takim przypadku, zwłaszcza przy użyciu ogranicznika, odbierany sygnał, modulowany ze stacji, którą namierza się, będzie niemal całkowicie pozbawiony modulacji i porównywanie lub pomiar fazy będzie łatwiejszy.

Jak przedstawiono na fig. 8, przy znacznym powielaniu stromość krzywych wzrasta. Wobec tego dokładność pomiaru lub odczytu można zwiększyć, rozciągając skalę, np. jak to uwidoczniło na fig. 6, przy zastosowaniu skali spiralnej. Skala ta odpowiada trzykrotnej skali kołowej. Ponieważ przy tego rodzaju skali powiększa się trzykrotnie kąt mierzony, to np. przy kącie 200° nie wiadomo, jaki mamy kąt właściwy: czy $\frac{200^\circ}{3} = 66,66^\circ$, czy też $\frac{360^\circ + 200^\circ}{3} = \frac{560^\circ}{3} = 186,66^\circ$, należy więc fazę mierzyć przed powielaniem (orientacyjnie) i po powielaniu (dokładnie). Powyższe odnosi się do sposobu zanikowego porównywania faz. Zamiast skali spiralnej można stosować analogiczne skale koncentryczne kołowe.

Jeżeli stosuje się kluczkowanie (np. fig. 5), to powielanie nie jest ważne ze względu na zwiększenie różnic fazowych, ale ze względu na zwiększenie stosunku amplitud. Wobec tego przesuwnik fazowy należy stosować wyłącznie przed powielaniem; przy czym powinien on być możliwie dokładny. Chcąc zwiększyć dokładność odczytu, można na tego rodzaju przesuwniku fazowym lub fazometrze umieścić skalę według fig. 6, a strzałkę osadzić na osi fazometru tak, aby przy jednym obrocie fazometru od $\varphi = 0^\circ$ do $\varphi = 360^\circ$ strzałka ta wykonała trzy obroty (przy 3-krotnym powielaniu).

Ogólnie przy n -krotnym powielaniu strzałka powinna wykonać n obrotów.

Należy dodać, że jeżeli w nadajniku stosuje się opisany system kluczkowania, w odbiorniku zaś — system powielania, np. według fig. 3, to kierunek lub fazy można określać za pomocą liczenia kresków do punktu równości sygnałów i kropek po takimże sygnale równości. Ponieważ przy powielaniu częstotliwości dokładność

określenia wzrasta, można zwiększyć liczbę kropek i kresków, np. przez zwiększenie cyklu nadawczego do trzech lub więcej minut.

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ radiogoniometryczny, znamieny tym, że po stronie nadawczej zawiera urządzenie, wypromieniowujące pole wirujące w płaszczyźnie poziomej.
2. Układ według zastrz. 1, znamieny tym, że urządzenie, wypromieniowujące pole wirujące, składa się z dwóch anten ramowych lub dwóch par anten Adcocka, zasilających prądami wielkiej częstotliwości, przesuniętymi w fazie.
3. Układ według zastrz. 2, znamieny tym, że przesunięcie fazy prądu jednej z anten ramowych lub jednej pary anten Adcocka wynosi 90° względem fazy początkowej.
4. Układ według zastrz. 1, znamieny tym, że urządzenie, wypromieniowujące pole wirujące składa się z trzech anten ramowych lub trzech albo sześciu anten pojedynczych, zasilanych trójfazowymi prądami wielkiej częstotliwości.
5. Układ według zastrz. 2 lub 4, znamieny tym, że urządzenie wypromieniowujące pole wirujące posiada dodatkowo otwartą antenę do wypromieniowywania fazy odniesienia.
6. Układ według zastrz. 5, znamieny tym, że zawiera w celu uzyskania przesunięcia faz, przesuwnik fazowy w obwodzie zasilającym anteny otwartej lub anten wypromieniowujących pole wirujące, przy czym przesuwnik ten jest tak wykonany, iż umożliwia dokonywanie przesunięć fazy w granicach od 0° do 360° .
7. Układ według zastrz. 6, znamieny tym, że posiada mechanizm zegarowy do nastawiania w czasie uruchamiania przesuwnika fazowego.
8. Układ według zastrz. 7, znamieny tym, że mechanizm zegarowy jest tak wykonany, iż obraca ze stałą prędkością przesuwnik fazowy, np. z prędkością 360° przesunięcia fazowego na minutę.
9. Układ według zastrz. 1 — 8, znamieny tym, że posiada urządzenie mechaniczne do samoczynnego synchronicznego kluczkowania prądów otwartej anteny lub anten wypromieniowujących pole wirujące, przez przełączanie fazy o 180° , przy czym jedną

fazę nadaje się jako kreski, drugą zaś fazę, przesuniętą o 180° jako kropki.

10. Układ według zastrz. 9, znamienno tym, że posiada generator wewnętrzny, stosowany do przemiany częstotliwości promieniowania.
11. Układ według zastrz. 10, znamienno tym, że w obwodach, zasilających urządzenie, wypromieniowujące pole wirujące, zawiera powielacze częstotliwości.
12. Układ według zastrz. 9, znamienno tym, że posiada do pomiaru chronometr ze skalą spiralną, na której można odczytać kierunek lub fazę.
13. Układ według zastrz. 12, znamienno tym, że skala spiralna jest utworzona przez spiralę o liczbie zwojów, odpowiadającej wielokrotności powielania.
14. Układ według zastrz. 13, znamienno tym, że strzałka fazometru lub stopera jest połączona z jego mechanizmem przez przekładnię, zwiększającą liczbę jej obrotów, przy czym powiększenie to odpowiada wielokrotności powielania.
15. Odmiana układu radiogoniometrycznego według zastrz. 1, znamienno tym, że do namiaru zwykłych nadajników, nie wytwarzających pola wirującego, posiada odbiornik, zaopatrzony w urządzenie, wytwarzające pole wirujące, np. przez przesunięcia fazowe napięć indukowanych w różnych antenach.
16. Układ odbiorczy według zastrz. 15, znamien-

no tym, że w odbiorniku napięcia z dwóch ram lub par anten Adcocka są przesunięte względem siebie o 90° .

17. Układ odbiorczy według zastrz. 15 lub 16, znamienno tym, że oprócz przesuwnika fazowego w celu stworzenia pola wirującego, posiada dodatkowo antenę otwartą, której fazę porównuje się z fazą pola wirującego.
18. Układ odbiorczy według zastrz. 15 — 17, znamienno tym, że posiada trzy wzmacniacze równoległe z transpozycją częstotliwości.
19. Układ odbiorczy według zastrz. 16 — 18, znamienno tym, że napięcia z dwóch ram lub par anten Adcocka są przesunięte w zakresie pośredniej częstotliwości.
20. Układ odbiorczy według zastrz. 15 — 19, znamienno tym, że posiada przesuwnik fazowy, pracujący w kanale otwartej anteny lub w kanale pola wirującego.
21. Układ odbiorczy według zastrz. 15 — 20, znamienno tym, że w gałęzi anteny otwartej odbiorczej posiada urządzenie do kłuczenia.
22. Układ odbiorczy według zastrz. 15 — 21, znamienno tym, że posiada rozszerzoną skalę odczytową.

Inż. mgr Józef Plebański

Zastępca: Kolegium Rzeczników Patentowych

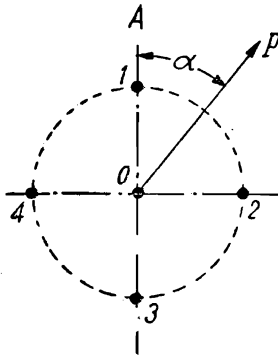


Fig. 1

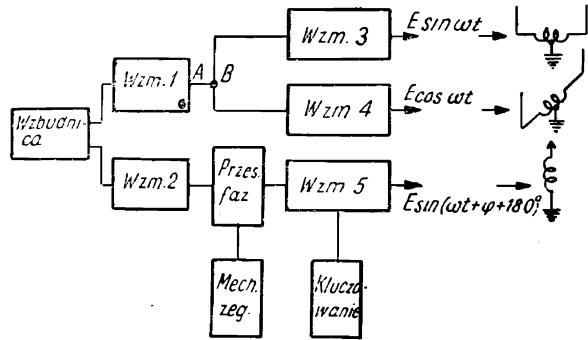


Fig. 2

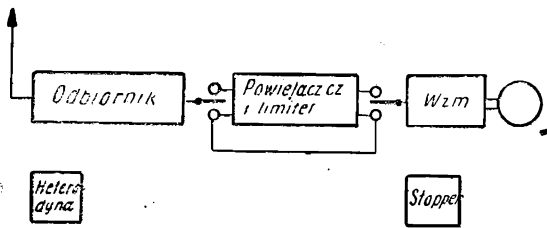


Fig. 3

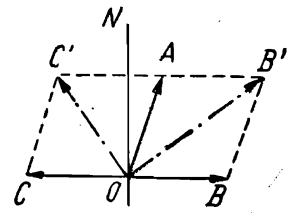


Fig. 4

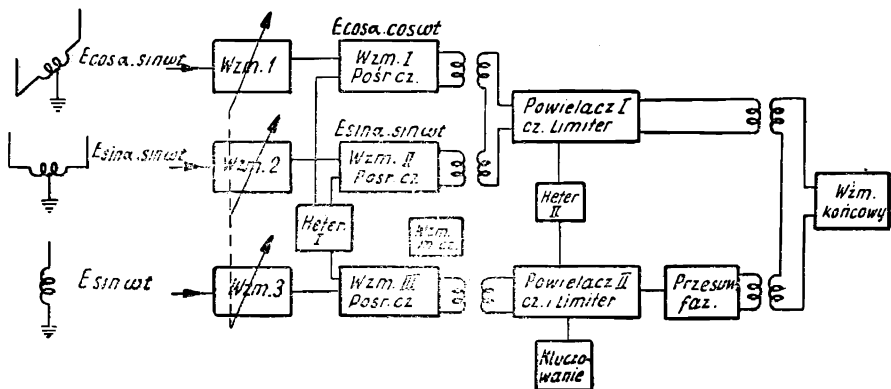


Fig. 5

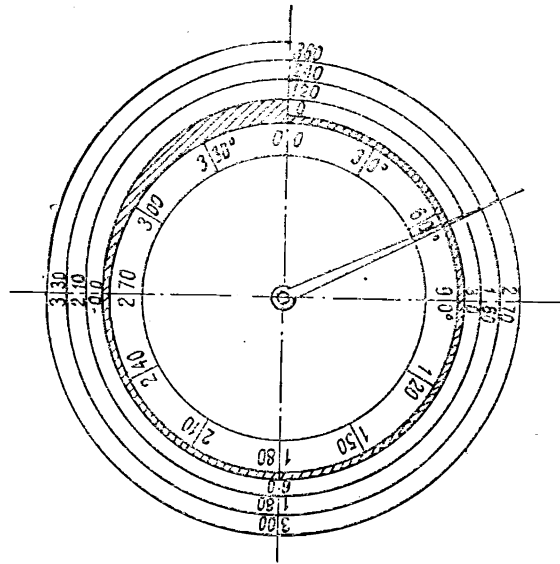


Fig. 6

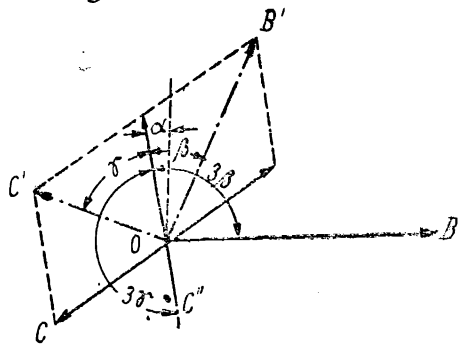


Fig. 7

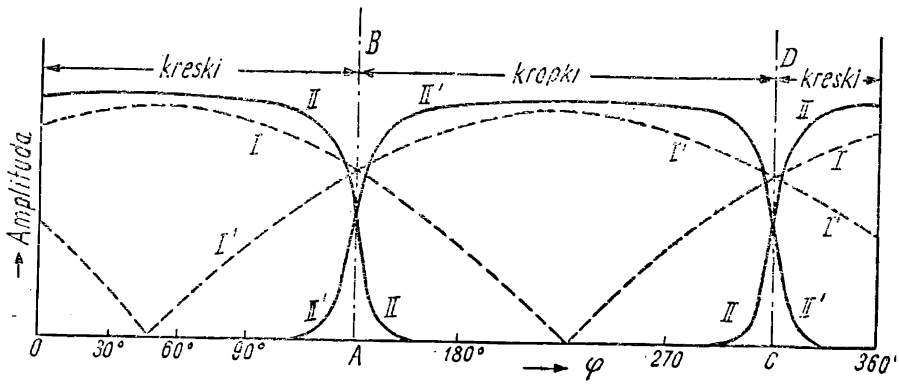


Fig. 8