

Wojleski

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO
im. gen. broni K. Świerczewskiego

ODDZIAŁ WOJSK OPK I LOTNICTWA
KATEDRA RADIOELEKTRONIKI

DO UŻYTKU
SŁUŻBOWEGO

TAJNE

Egz.-Nr- 2

mjr mgr inż. Kazimierz PIĄTKOWSKI

**Temat: TECHNICZNE ŚRODKI I METODY
UODPORNIAJĄCE URZĄDZENIA RADIOLOKACYJNE
PRZED ZAKŁÓCENIAMI**

(Skrypt wykładu)



035880

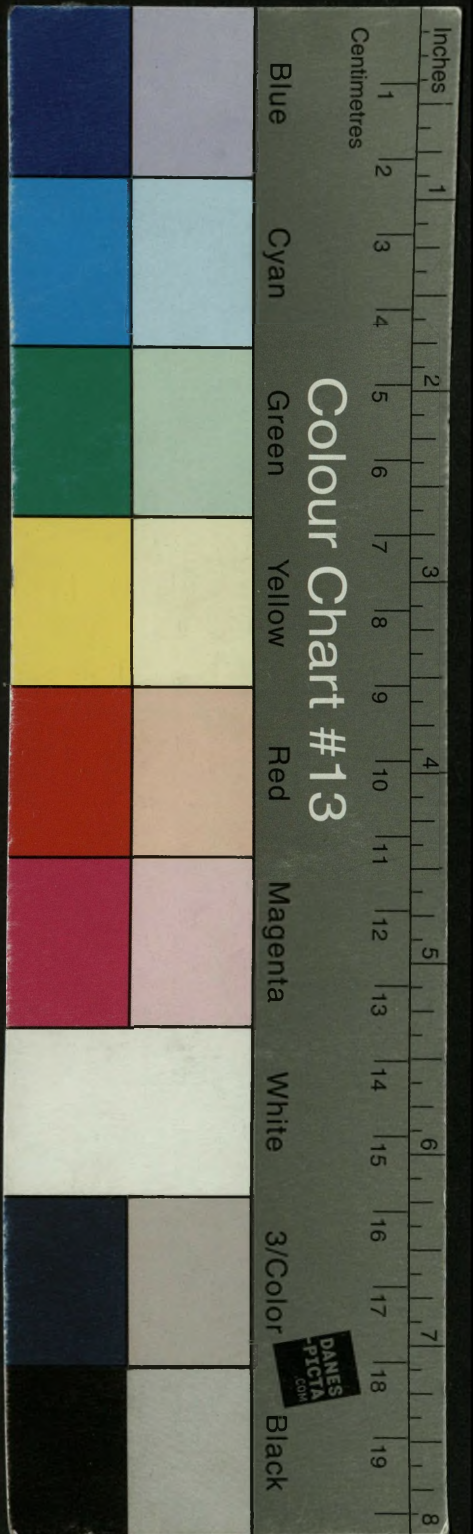
BIBLIOTEKA NAUSOWA ASG WP
Archiwum Pałacu Zbiorów Specjalnych

Nr ewid. ~~035880~~

REMBERTÓW

LIPIEC

1965



Wojciech

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO
im. gen. broni K. Świerczewskiego

ODDZIAŁ WOJSK OPK I LOTNICTWA
KATEDRA RADIOELEKTRONIKI

DO UŻYTKU
SŁUŻBOWEGO

TAJNE

Exz.-Nr.

2

mjr mgr inż. Kazimierz PIĄTKOWSKI

**Temat: TECHNICZNE ŚRODKI I METODY
UODPORNIAJĄCE URZĄDZENIA RADIOLOKACYJNE
PRZED ZAKŁÓCENIAMI**

(Skrypt wykładu)



033880

BIBLIOTEKA NAUKOWA ASG WP
Archiwum Instytutu Zbrostw Specjalnych

Nr ewid. 333880

REMBERTÓW

LIPIEC

1965

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO
im.gen.broni K.Swierczewskiego

ODDZIAŁ WOJSK OPK i LOTNICTWA
KATEDRA RADIOELEKTRONIKI

ZATWIERDZAM
SZEF KATEDRY RADIOELEKTRONIKI

DO UŻYTKU
SŁUŻBOWEGO

~~TAJNE~~

egz.nr..... 2

cz.po. mjr mgr inż. Jerzy PUREK

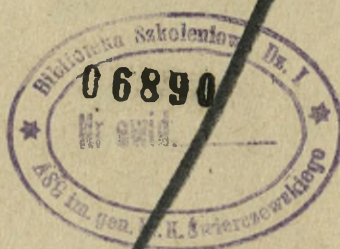
Dnia 1965 r.

Amekl. jst 12657 R

mjr mgr inż. Kazimierz PIATKOWSKI

"TECHNICZNE ŚRODKI I METODY UODPORNIAJĄCE URZĄDZENIA RADIOLOKA-
CYJNE PRZED ZAKŁOCCENIAMI"

/skrypt wykładu/



BIBLIOTEKA NAUCZONA ASG WF
Archiwum Biuletynu Zbiorów Specjalnych

Nr swid.

639880

REMBERTOW

lipiec

1965 r.

SPIS TRESCI

	str.
W S T Ę P	3
I. OGOLNE METODY WALKI Z ZAKŁOCENIAMI	5
1. Selekcja przestrzenna.	5
2. Zwiększanie mocy impulsowej stacji radiolokacyjnej.	7
3. Metoda selekcji polaryzacji.	8
4. Metody walki z zakłóceniami wzajemnymi.	10
II. UKŁADY UODPORNIAJĄCE PRZED PRZECIĄŻENIEM TORU ODBIORCZEGO	10
1. Warunki przeciążenia toru odbiorczego.	10
2. Zmacniacz z liniowo-logarytmiczną charakterystyką amplitudową.	11
3. Natychmiastowa automatyczna regulacja wzmocnienia "NARW".	12
4. Zasięgowa automatyczna regulacja wzmocnienia "ZARW".	14
III. TECHNICZNE METODY UODPORNIAJĄCE STACJE RADIOLOKACYJNE PRZED ZAKŁOCENIAMI PASYWNYMI	17
1. Warunki stosowania zakłóceń pasywnych.	17
2. Metoda koherentno-impulsowa.	17
3. Selekcja celów ruchomych.	22
IV. TECHNICZNE METODY UODPORNIAJĄCE STACJE RADIOLOKACYJNE PRZED ZAKŁOCENIAMI AKTYWNYMI	26
1. Warunki stosowania zakłóceń aktywnych.	26
2. Filtry pasmowo-zaporowe i obwody różniczkujące.	27
3. Układ selekcji według czasu trwania impulsu.	29
4. Układ selekcji impulsów w amplitudzie.	31
5. Układ kodowania impulsów sondujących.	
6. Srodki i metody stosowane przeciwko celowym zakłóceniom szumowym.	35
7. Układy sumujące.	36

B I B L I O G R A F I A

- Osnovy postrojenia radiolokacjonnych i radiotechniczeskich sistem WWS - Semenow
- Protiworadiolokacje - Wodzin i Janowicz
- Podstawy techniki radiolokacyjnej - MON
- Zagadnienie wojny elektronicznej w USA - WPŻ
- Urządzenia radiolokacyjne i ich eksploatacja - mjr inż.M.R. Szczurek.

W S T Ę P

Oddziaływanie różnego rodzaju zakłóceń radiolokacyjnych utrudnia normalną pracę stacji radiolokacyjnych. Dlatego też stosuje się cały szereg środków i metod obrony stacji, pozwalających uzyskiwać informacje o obiektach w warunkach stosowania zakłóceń. Uodpornianie stacji radiolokacyjnych przed zakłóceniami obejmuje techniczne i organizacyjne przedsięwzięcia.

Do organizacyjnych metod walki z zakłóceniami należy zaliczyć:

- stosowanie elastycznego systemu obrony radiolokacyjnej wyposażonego w stacje o różnych parametrach, ażeby nie stworzyć warunków jednoczesnego zakłócania wszystkich stacji;
- maskowanie pracy urządzeń radiolokacyjnych;
- szkolenie operatorów w pracy w warunkach zakłóceń;
- stosowanie aktywnych środków do niszczenia źródeł zakłóceń /artyleria, lotnictwo, pociski kierowane/.

W niniejszym skrypcie ograniczymy się do szerszego omówienia technicznych przedsięwzięć:

Do technicznych metod walki z zakłóceniami należy: właściwy dobór parametrów podzespołów stacji przy jej konstruowaniu, stosowanie odpowiednich układów i przystawek przeciwzakłóceńowych, umiejętne wykorzystywanie organów regulacji i strojenia.

Wszystkie przedsięwzięcia techniczne zmierzające do uodpornienia stacji przed zakłóceniami można rozbić na dwie grupy.

Do pierwszej grupy odnoszą się metody dotyczące zwalczania zakłóceń zanim sygnał zakłóceń dotrze na wejście urządzenia odbiorczego. Do metod tych należy zaliczyć:

- selekcje przestrzenną;
- zwiększanie mocy RLS;
- selekcje w polaryzacji;
- selekcje w częstotliwości.

Do drugiej grupy odnoszą się metody i układy przeciwzakłóceńowe, których zadaniem jest walka z zakłóceniami, gdy sygnał zakłóceń dotrze na wejście urządzenia odbiorczego.

Do nich należy zaliczyć:

- układy uodporniające przed przeciążeniem toru odbiorczego;
- układy przeciwzakłóceńowe, oparte na różnicy struktury

sygnałów zakłócającego i użytecznego /różnica w częstotliwości nośnej, w widmie, w fazie, amplitudzie, czasie trwania impulsu, częstotliwości powtarzania impulsów/. Należy zaznaczyć na wstępie, że żadne urządzenie przeciwzakłócenkowe nie jest uniwersalnym.

Dowolne urządzenie może skutecznie zwalczać jedno z rodzajów zakłóceń, mniej natomiast skuteczne będzie w stosunku do drugiego rodzaju zakłóceń i może być zupełnie nieskuteczne w stosunku do innych rodzajów zakłóceń. Ocena odporności stacji radiolokacyjnej przed zakłóceniami może być dana po rozpatrzeniu całego kompleksu układów i zespołów wchodzących w zestaw stacji przy równoczesnym braniu pod uwagę jej parametrów technicznych.

I. OGOLNE METODY WALKI Z ZAKŁOCONIAMI

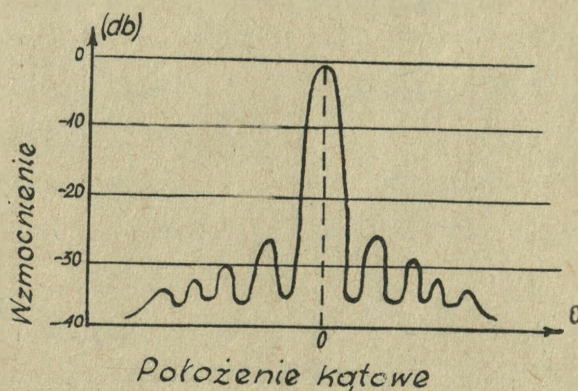
1. Selekcja przestrzenna.

Informacje dotyczące kierunku w stacjach radiolokacyjnych uzyskuje się dzięki antenom o dużej kierunkowości. Gdy odbiera się sygnał użyteczny, to zakłada się, że kierunek obserwowanego obiektu odpowiada wyłącznie kierunkowi maksimum odbioru głównego listka charakterystyki anteny stacji radiolokacyjnej. Idealnie rzecz biorąc antena stacji radiolokacyjnej nie powinna mieć żadnych listków bocznych, aby nie było odbioru z innych kierunków z wyjątkiem kierunku listka głównego. Im węższa charakterystyka kierunkowa i im mniejszy poziom promieniowania bocznego i tylnego tym większa odporność stacji na zakłócenia.

Zwiększenie kierunkowości systemu antenowego prowadzi do koncentracji energii, promieniowanej przez antenę stacji radiolokacyjnej w bardzo wąskiej wiązce, zwiększa moc odbitego sygnału, stwarza znaczne przeszkody przeciwnikowi w nakierowaniu energii nadajnika zakłóceń w maksimum charakterystyki kierunkowej anteny RLS.

Z praktyki wiadomo, że listków bocznych nie można uniknąć.

Na rys. 1 przedstawiona jest charakterystyka typowej anteny stacji radiolokacyjnej w jednej płaszczyźnie.



Kys.1. Charakterystyka promieniowania typowej anteny RLS.

Rozpatrzmy jak wpływa sygnał zakłócający na stację radiolokacyjną uwzględniając jej charakterystykę kierunkową.

Z równania /1/ wyrażającego moc sygnału użytecznego po odbiciu od celu widzimy, że użyteczny sygnał

$$P_{or} = \frac{P_{nr} \cdot G_{ar}^2 \cdot \sigma \cdot \lambda^2}{(4\pi)^3 \cdot D^4}$$

/1/

gdzie: P_{or} - moc sygnału odbitego od celu w punkcie odbioru;

P_{nr} - moc nadajnika stacji radiolokacyjnej

G_{ar} - zysk kierunkowy anteny stacji radiolokacyjnej

σ - powierzchnia skuteczna celu

λ - długość fali

D - odległość celu od radiolokatora.

odbity jest proporcjonalny od kwadratu zysku kierunkowego anteny RLS. Ponieważ listki boczne dobrze skonstruowanej anteny są mniejsze co najmniej o 20 db lub więcej, za tym jest nieprawdopodobne by powrót normalnego sygnału odbitego, z wyjątkiem bardzo bliskich celów, został odebrany przez listki boczne.

Jednakże z równania /2/ wyrażającego moc sygnału zakłócającego odbieranego

$$P_{oz} = \frac{P_{nz} \cdot G_{az} \cdot G_{ar} \lambda^2}{(4\pi)^2 D^2} \quad /2/$$

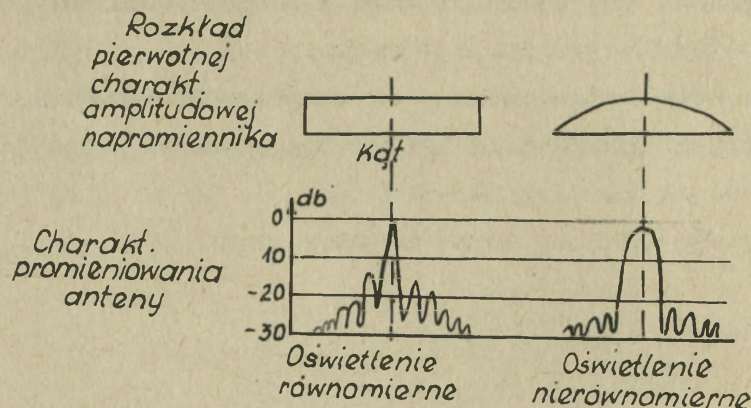
gdzie: P_{nz} - moc nadajnika zakłócającego,

G_{az} - zysk kierunkowy anteny stacji zakłócającej,

P_{oz} - moc sygnału stacji zakłócającej w miejscu rozmieszczenia odbiornika radiolokacyjnego.

przez odbiornik stacji radiolokacyjnej jest wprost proporcjonalna do zysku kierunkowego anteny stacji radiolokacyjnej. Dlatego w takich warunkach jest możliwe wejście sygnału zakłócającego przez listki boczne, jednak pod warunkiem, że moc sygnału stacji zakłócającej jest większa o 20 db lub więcej od mocy sygnału użytecznego odbitego od celu. Najbardziej bezpośrednim sposobem zwalczania zakłóceń przy selekcji przestrzennej jest zmniejszenie listków bocznych.

Jednak na tym sposobie nie można polegać całkowicie, ze względu na fizyczne ograniczenie konstrukcji anteny radiolokatora. Maksymalny zysk anteny osiąga się wówczas gdy antena jest jednolicie oświetlona przez pierwotny napromiennik. Listki boczne są osłabione wówczas tylko o 13 db. Niższy poziom listków bocznych można osiągnąć stosując stożkowy rozkład według funkcji cosinus lub \cosinus^2 . Takie rozwiązanie pozwala obniżyć poziom listka bocznego do 20 db lub więcej lecz równocześnie zwiększa się szerokość wiązki głównej i zmniejsza się zysk kierunkowy anteny /rys.2/.



Rys.2. Zależność szerokości wiązki anteny stacji radiolokacyjnej i poziom listków bocznych od rodzaju oświetlenia reflektora przez pierwotne źródło /charakterystyki napromiennika/

2. Zwiększenie mocy impulsowej stacji radiolokacyjnej.

Ogromne znaczenie posiada zwiększanie potencjału energetycznego stacji radiolokacyjnej. Im większa moc nadajnika stacji radiolokacyjnej tym silniejszy jest sygnał odbity, tym trudniej jest przeciwnikowi uzyskać niezbędne przewyższenie sygnału zakłócającego nad sygnałem użytecznym odbitym od celu dla spełnienia warunku zakłóceń /wzór nr 3/.

$$\gamma_z = \frac{P_{oz}}{P_{or}}$$

131

gdzie: P_{oz} - moc sygnału zakłócającego w punkcie odbioru
 P_{or} - moc sygnału użytecznego w punkcie odbioru
 γ_z - współczynnik skuteczności zakłóceń

Tak więc zwiększanie mocy impulsowej stacji radiolokacyjnej uważane jest także za jeden ze środków zwiększenia odporności stacji na zakłócenia. Prowadzone prace badawcze nad zastosowaniem wielostopniowych nadajników pozwalają przypuszczać, że naziemne stacje radiolokacyjne pracujące w systemie OP będą zwiększać moc promieniowaną do kilkudziesięciu megawatów w impulsie.

Rozpatrzmy jak wpływa moc i zysk kierunkowy stacji radiolokacyjnej na zakłócenie.

Opierając się na wzorze /1/ i /2/ i przyjmując, że źródło zakłóceń znajduje się na obiekcie, który jest wykrywany przez stację radiolokacyjną, to zakłócenia będą skuteczne tylko do tej odległości,

dopóki odległość pomiędzy wykrywanym obiektem i stacją radiolokacyjną będzie większa od wielkości granicznej R_{min} .

Przy odległości mniejszej od granicznej stosunek mocy zakłóceń do mocy sygnału użytecznego jest mniejszy od wymaganego warunku podanego wzorem /3/ i cel jest widoczny na tle zakłóceń.

Odległość R_{min} można określić wg następującego wzoru:

$$R_{min} = \sqrt{\frac{\gamma_z P_{nr} G_{ar} \sigma}{4\pi P_{nz} G_{az}}} \quad /4/$$

gdzie: γ_z - liczba wskazująca ile razy energia zakłóceń na wejściu odbiornika stacji radiolokacyjnej powinna przewyższać energię sygnału odbitego od celu, aby zakłócenia były skuteczne

P_{nr} - moc w impulsie RLS

P_{nz} - moc nadajnika zakłóceń

G_{az} - zysk kierunkowy anteny stacji zakłóceń

G_{ar} - zysk kierunkowy anteny stacji radiolokacyjnej

σ - powierzchnia skuteczna celu.

Jak wynika ze wzoru /4/, dla zwiększenia odporności stacji radiolokacyjnej na większej odległości przed zakłóceniem należy zwiększać moc nadajnika oraz zysk kierunkowy anteny stacji radiolokacyjnej.

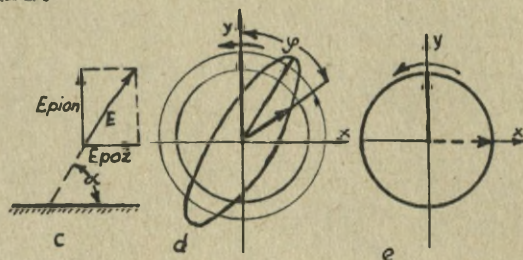
3. Metoda selekcji polaryzacji

Przed zakłóceniami wywołanymi przez zjawiska meteorologiczne /deszcz, grad, chmury deszczowe/ wykorzystuje się metodą selekcji polaryzacji. Zasada jej polega na wyodrębnieniu sygnałów odbitych od obserwowanych obiektów na tle występujących zakłóceń powstałych od zjawisk meteorologicznych, wykorzystując różnicę polaryzacji fal. W tym celu w urządzeniu antenowym stosuje się specjalną siatkę polaryzacyjną, która pozwala na wypromieniowanie i odbiór fal z dowolną polaryzacją.

Kropie deszczu, grad, posiadają zwykle kulisty kształt i działają jak symetryczne dipole dla dowolnej polaryzacji promieniowanych fal nie zmieniając jej przy odbiciu od nich. Polaryzacja fal odbitych od przedmiotów o złożonym kształcie różni się od polaryzacji fal promieniowanych.

Założmy, że stacja radiolokacyjna promieniuje fale o polaryzacji kołowej. Przy polaryzacji kołowej koniec wektora natężenia pola elektrycznego E zakreśla koło. Następuje to w wypadku jeśli amplitudy E_{poz} i

Epion są równe i przesunięte w czasie o 90° . Patrząc z boku na linię zakreśloną przez koniec wektora przy polaryzacji kołowej można wyobrazić ją sobie w postaci spirali, ponieważ wektor E stanowiąc integralną część fali radiowej jednocześnie z obrotem przesuwa się do przodu, o kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara.



Rys.3. Polaryzacja fal radiowych a - eliptyczna, b - kołowa

Przyjmując kulisty kształt kropli deszczu promieniowana przez stację radiolokacyjną fala elektromagnetyczna przy odbiciu od niej zmienia kierunek obrotu i polaryzacja kołowa odbywa się w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara. Fale o kierunku prawoskrętnym przychodzące do anteny wyposażonej w siatkę polaryzacyjną nie zaindukują w niej siły elektromotorycznej. Energia odbijająca się od samolotu, który posiada złożony kształt /różny od kulistego/ polaryzuje się eliptycznie. Dzięki temu fala odbita od samolotu zaindukuje w wibratorze anteny siłę elektromotoryczną.

W tym przypadku bowiem natężenie pola elektrycznego E nigdy nie będzie równe zero, ponieważ poszczególne składowe przechodzą przez zero w różnych chwilach. Natężenie pola pulsuje między wartością wyznaczoną przez małą oś elipsy a wartością wyznaczoną przez dużą oś elipsy.

Sygnały użyteczne osłabione zostają w mniejszym stopniu od sygnałów odbitych od ^{deszczu} szereg i stosunek sygnału użytecznego do zakłóceń poprawia się na korzyść sygnałów użytecznych. W jednym z przykładów podawanych w literaturze, zastosowanie siatki polaryzacyjnej osłabiło sygnały odbite od deszczu o 26 db a sygnały użyteczne o 4-8 db.

Należy zaznaczyć, że opisany przykład jest słuszny w przypadku gdy odbita energia odbierana jest bezpośrednio przez antenę. Jeżeli energia do anteny trafia po odbiciu od ziemi to polaryzacja fali powtórnie zmienia znak i sygnały odbite od deszczu są przyjmowane przez antenę.

Może być również inny sposób selekcji polaryzacji. Antena stacji radiolokacyjnej promieniuje falą spolaryzowaną pionowo, a odbiera falę spolaryzowaną poziomo. W tym przypadku stacja nie będzie odbierać sygnałów odbitych od obiektów o symetrycznych kształtach i będzie odbierać sygnały od obiektów, które przy odbiciu zmieniają polaryzację fali.

4. Metody walki z zakłóceniami wzajemnymi.

Na pracę stacji radiolokacyjnych mają również wpływ zakłócenia pochodzące od sąsiednich stacji lub innych urządzeń elektronicznych, pracujących w tym samym zakresie częstotliwości. Aby wyeliminować wpływ tych zakłóceń należy prawidłowo wybierać pozycję stacji, określić sektory robocze poszczególnych stacji, rozdzielić częstotliwości robocze, a także stosować specjalne układy przeciwzakłóceńowe. Pozycje należy wybierać w ten sposób aby wyeliminować wzajemny wpływ promieniowania. Szczególną uwagę należy zwracać na stacje radiolokacyjne pracujące w tym samym zakresie fal. Do walki z wzajemnymi zakłóceniami można z powodzeniem stosować układy selekcji impulsów według czasu trwania impulsu, wielkości amplitudy, a także przestrajanie stacji na inne częstotliwości. Oprócz tego można wykorzystywać niektóre eksploatacyjne właściwości, jak regulacja wzmocnienia odbiorników, regulację jaśności, zmianę podstawy czasu, zmianę częstotliwości powtarzania, synchronizację impulsów sondujących.

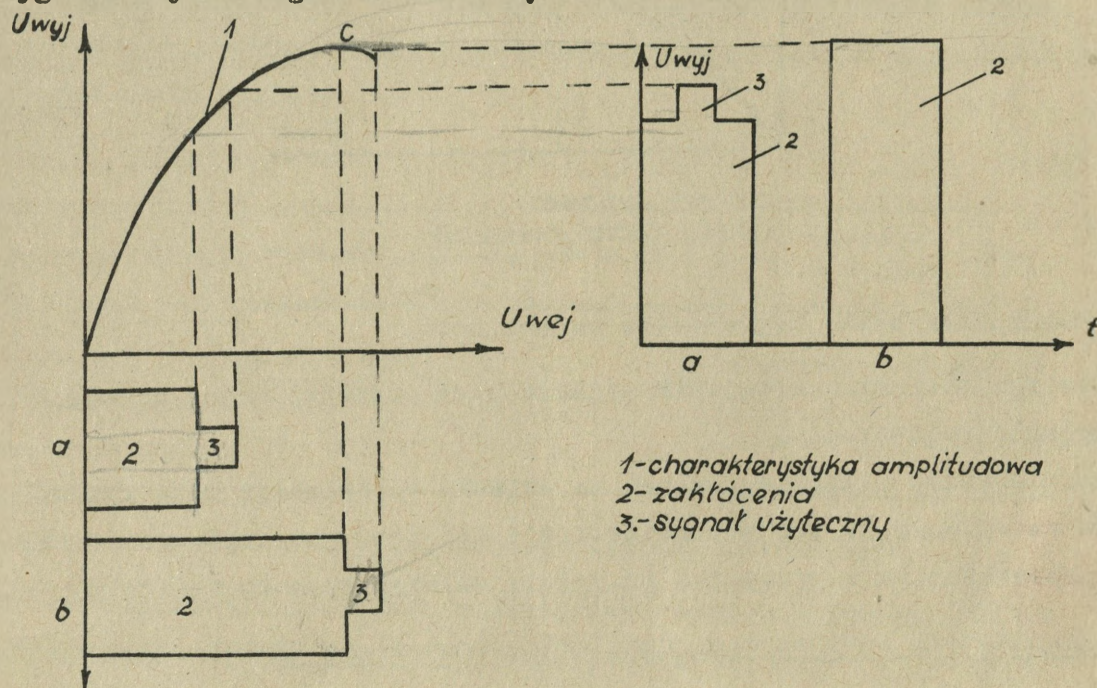
II. UKŁADY UODIORNIAJĄCE PRZED PRZECIĄŻENIEM TORU ODBIORCZEGO

1. Warunki przeciążenia toru odbiorczego.

Sygnały zakłóceń mogą być kilkakrotnie silniejsze od sygnałów użytecznych. Dlatego też sygnał zakłóceń może wywołać przeciążenie /przesterowanie/ odbiornika co prowadzi do jego zatkania.

Warunki, w których następuje przeciążenie określają: charakterystyki całego toru odbiorczego, współczynnik wzmocnienia, typ przyjętych lamp, wielkości napięć zasilających itp.

Oddziaływanie silnych zakłóceń na tor odbiorczy prowadzące do przeciążenia odbiornika pokazane jest na rys. 4. Przy małej amplitudzie zakłóceń /2/ sygnał użyteczny /3/ może być wykryty. Jeśli amplituda zakłóceń /sygnał b/ osiągnie punkt "C" charakterystyki amplitudowej, wyrażającej zależność napięcia wyjściowego / U_{wyj} / od wejściowego / U_{wej} /, napięcie wyjściowe przestanie wzrastać i sygnału użytecznego nie można będzie obserwować na wskaźniku.



Rys.4. Oddziaływanie silnych sygnałów zakłóceń na odbiornik powodujące jego przeciążenie.

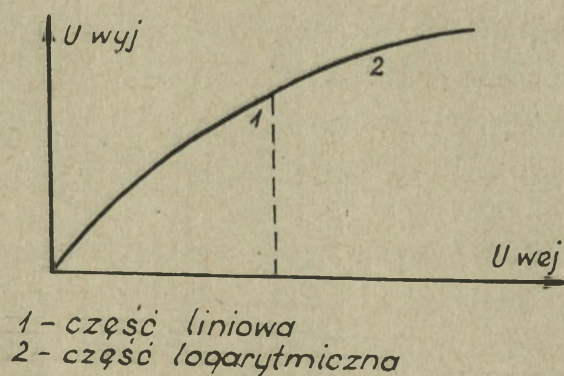
Jeśli amplituda zakłóceń jest nie wystarczająca do przeciążenia odbiornika, to sygnał zakłóceń nakłada się na sygnał użyteczny powodując zniekształcenie jego parametrów: kształt, amplitudę, czas trwania. Możliwość obserwowania sygnału użytecznego zależy w tym wypadku od stosunku amplitud sygnału użytecznego i zakłóceń.

Przeciążenie odbiornika może nastąpić w różnych jego stopniach we wzmacniaczu W.Cz. w detektorze, lub wzmacniaczu wizyjnym. Do walki z przeciążeniem w torze odbiorczym stosuje się stopnie z nieliniowymi charakterystykami przenoszenia, oraz układy NARW i ZARW.

2. Wzmacniacz z liniowo-logarytmiczną charakterystyką amplitudową

Odbiornik, który ma pracować normalnie przy silnych zakłóceniach powinien posiadać charakterystykę amplitudową - liniową dla

słabych sygnałów i logarytmiczną dla silnych sygnałów. Taka charakterystyka pokazana jest na rys. 5.



Rys.5. Charakterystyka amplitudowa wzmacniacza.

Na pierwszym odcinku wzmocnienie sygnału jest proporcjonalne do amplitudy sygnału wejściowego.

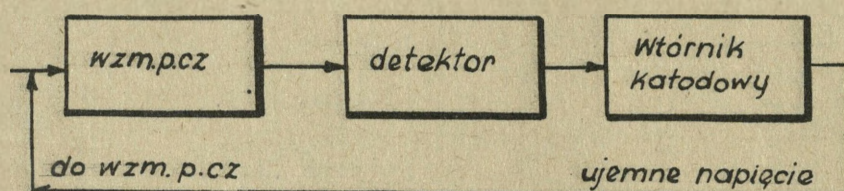
Na drugim odcinku dużemu sygnałowi na wejściu odpowiadają małe zmiany sygnału na wyjściu. W ten sposób istnieje możliwość zabezpieczenia się przed przeciążeniem w przypadku przyjścia silnego sygnału zakłóceń.

3. Natychmiastowa automatyczna regulacja wzmocnienia "NARW"

W rejonie pozycji stacji radiolokacyjnej zwykle znajdują się przeszkadzające obiekty odbijające znaczną część energii promieniowanej przez stację. Odbicia te dają silne zakłócające sygnały impulsowe i mogą przeciążyć odbiornik. Najbardziej skutecznym sposobem obrony odbiornika stacji radiolokacyjnej przed jego przeciążeniem przez zakłócanie impulsowe jest tzw. natychmiastowa automatyczna regulacja wzmocnienia "NARW".

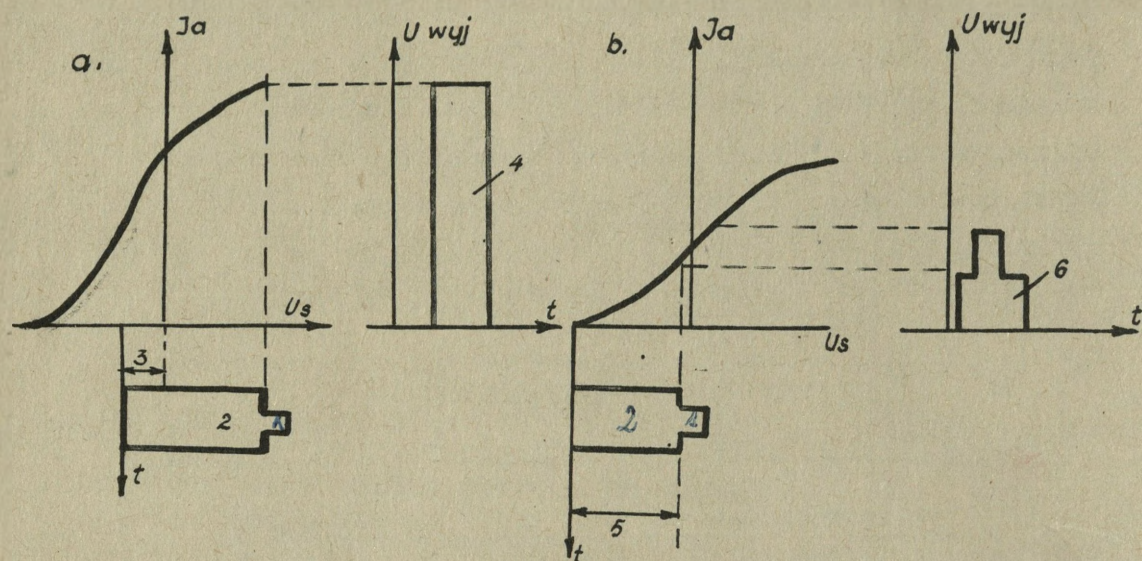
Zasada działania układu NARW polega na szybkim podaniu ujemnego przesunięcia siatkowego na stopnie p.cz. odbiornika, zabezpieczając go przed przeciążeniem. Wówczas punkt pracy lamp przesuwają się w obszar charakterystyki gdzie nie występuje przeciążenie. Układ NARW wyregulowany jest w ten sposób aby ujemne przesunięcie podawało się tylko przy dostatecznie silnych sygnałach. Na rys. 6 pokazany jest typowy schemat blokowy NARW. Z wyjścia ostatniego stopnia wzm. p.cz. sygnał podaje się na detektor. Wyprostowane napięcie przekształca się w stałe napięcie proporcjonalne do amplitudy przychodzącego sygnału.

Napięcie to o polaryzacji ujemnej podaje się na wtórnik katodowy, który nie zmienia polaryzacji sygnału, a służy dla dopasowania detektora o dużym oporze ze stopniem p.cz. o małym oporze. Ujemne napięcie z wtórnika katodowego podaje się na siatkę lampy stopnia p.cz., zmienia wielkość ujemnego przesunięcia, co z kolei prowadzi do zmiany współczynnika wzmocnienia wzm. p.cz. Czas konieczny na zmianę wzmocnienia określa się wielkościami elementów układu. Praktycznie wynosi kilka mikrosekund, w związku z czym układ otrzymał nazwę "NARW".



Rys.6. Schemat blokowy układu NARW.

Na rys.7a pokazane jest przeciążenie toru odbiorczego silnym sygnałem zakłócającym. Sygnał użyteczny na wyjściu nie jest obserwowany. Na rys. 7b pokazano, że dzięki otrzymanemu ujemnemu napięciu z układu NARW przesunął się punkt pracy lampy i skutkiem tego nie nastąpiło przeciążenie odbiornika. W rezultacie działania układu NARW na wyjściu odbiornika otrzymaliśmy sygnał użyteczny.



Rys.7. Działanie układu NARW.

a/ przeciążenie toru odbiorczego.

b/ działania NARW

1. Sygnał użyteczny. 2. Sygnał zakłócający.
3. Przesunięcie siatkowe. 4. Sygnał na wyjściu urządzenia odbiornika. 5. Przesunięcie siatkowe spowodowane układem NARW. 6. Sygnał na wyjściu urządzenia odbiorczego.

4. Zasięgowa automatyczna regulacja wzmacnienia "ZARW".

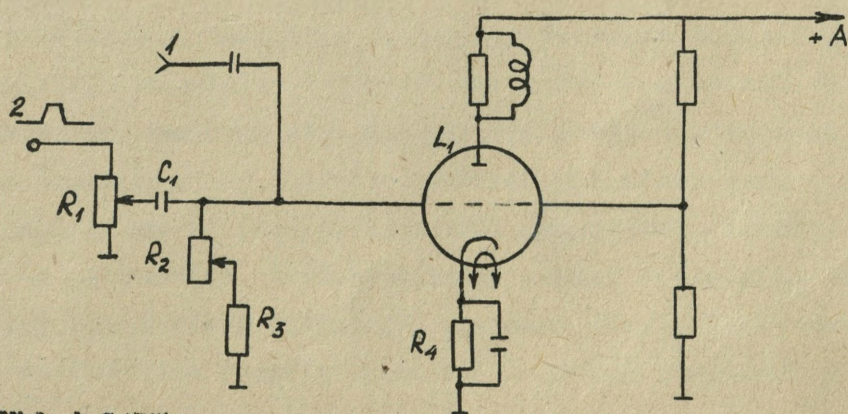
Jak wiadomo energia sygnału odbitego od celu jest odwrotnie proporcjonalna do czwartej potęgi odległości. Jeśli wzmacnienie odbiornika jest wystarczające do odbioru sygnałów od najdalej oddalonych obiektów, to przy odbiorze blisko położonych, odbiornik może być przeciążony i sygnały użyteczne nie będą odbierane. Jeśli natomiast odbiornik wyregulowany jest na odbiór silnych sygnałów blisko położonych obiektów to wzmacnienie może być niewystarczające dla sygnałów odbieranych od dalekich obiektów.

W celu zapewnienia równomiernego odbioru sygnałów od bliskich i dalekich obiektów o prawie jednakowej amplitudzie, na wyjściu, jak również w celu uniknięcia przeciążenia odbiornika przez silne odbicia od bliskich przedmiotów służy zasięgowa regulacja wzmacnienia "ZARW".

Zasada działania układu ZARW jest następująca. Równocześnie z wypromieniowaniem impulsu sondującego, układ specjalnym impulsem automatycznie zmniejsza wzmacnienie odbiornika na czas, w czasie którego będą

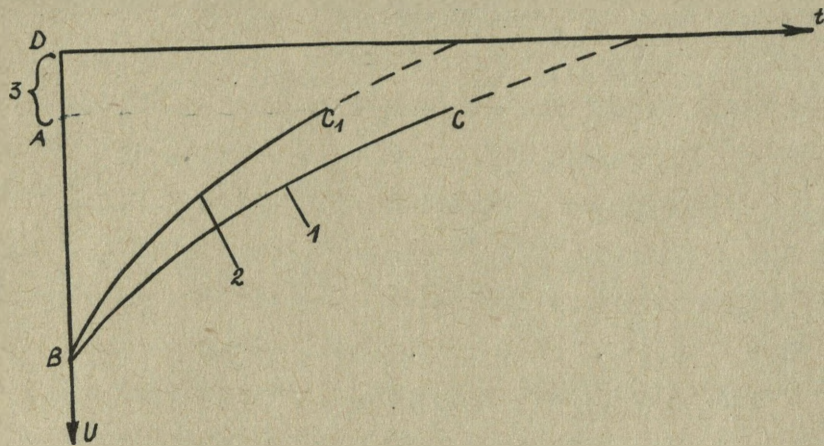
przychodzą silne sygnały, odbite od bliskich obiektów. Następnie wzmacnienie zwiększa się eksponentalnie i osiąga maksymalną wielkość w czasie odbioru sygnałów odbitych od najdalej oddalonych obiektów. Zmniejszając wzmacnienie odbiornika przy przychodzeniu sygnałów od bliskich obiektów, układ ZARW osłabia także sygnały przyjmowane przez stacje przez listki boczne i tylne anteny. Na rys. 8 pokazany jest układ "ZARW".

Dodatni impuls /3/ wykorzystany zwykle do uruchomienia nadajnika, podany zostaje na układ ZARW, składający się z kondensatora C_1 i oporów R_1 , R_2 , R_3 i R_4 . Normalnie lampa L_1 pracuje jako wzmacniacz odbieranych sygnałów /1/. W momencie przyjęcia impulsu /2/ na siatce lampy L_1 pojawia się dodatnie napięcie wywołujące prąd siatki, który ładuje kondensator C_1 w obwodzie: siatka sterująca - katoda lampy, opór R_4 , mały opór R_1 . Na siatce lampy pojawia się ujemne napięcie. Lampa zatyka się i wzmacnienie lampy szybko spada /rys. 9 odcinek AB/. Po chwilowym działaniu dodatniego impulsu kondensator C_1 zaczyna się rozładowywać przez opór R_2 , R_3 , R_1 . Stała czasowa rozładowania $t = C_1 / R_1 + R_2 + R_3$ jest dostatecznie duża, dlatego ujemne napięcie na siatce lampy L_1 zmniejsza się eksponentalnie /odcinek BC₁ i BC rys. 9/. Czas rozładowania, a w następstwie i wielkość napięcia na siatce lampy L_1 zależy od oporu R_2 . Jeśli R_2 jest duży, stała rozładowania kondensatora C_1 jest duża i krzywa przesuną się po odcinku BC. Czas ustalania wzmacnienia jest wówczas duży. Przy zmniejszeniu oporu R_2 stała czasowa rozładowania zmniejsza się i krzywa rozładowania przesuną się po odcinku BC₁. Czas ustalania wzmacnienia zmniejsza się. Wielkość wzmacnienia zależy jak widać od czasu, ponieważ z upływem jego zmniejsza się ujemne napięcie na siatce lampy.



Rys. 8. Układ ZARW.

1. sygnał użyteczny
2. Impuls spustowy podany z układu uruchamiającego nadajnika



Rys. 9. Krzywa zmiany wzmocnienia odbiornika z układem ZARW.
1. Krzywa wzmocnienia - przy dużej stałej czasowej rozkładowania. 2. Przy małej stałej czasowej rozkładowania.
3. Poziom regulacji wzmocnienia.

III: TECHNICZNE METODY UODFORNIAJĄCE STACJE RADILOKACYJNE PRZED ZAKŁÓCENIAMI PASYWNYMI

1. Warunki stosowania zakłóceń pasywnych.

Zakłócenia pasywne powstają w rezultacie odbicia fal radiowych od różnych obiektów /odbijacze dipolowe, przedmioty terenowe, opady atmosferyczne itp/.

Celowe zakłócenia pasywne stosowane są do maskowania obiektów powietrznych i wytwarzane są za pomocą specjalnych odbijaczy. Przy opromienianiu tych odbijaczy przez fale elektromagnetyczne wysłane przez stację radiolokacyjną, następuje odbicie sygnałów, które dają na ekranie wskaźnika stacji radiolokacyjnej dodatkowe zobrazowanie. Zobrazowanie to utrudnia lub nawet całkowicie uniemożliwia obserwowanie użytecznych sygnałów odbitych od celów.

Odbijacze dipolowe stosowane do maskowania obiektów powietrznych przedstawiają sobą dipole wykonane z dobrych przewodników elektrycznych o długości $l = 0,5 \lambda$ /dokładnie $0,47 \lambda$, gdzie λ = długość roboczej fali zakłócającej RIS. Dla zamaskowania na wskaźniku stacji radiolokacyjnej sygnałów odbitych od celów przy pomocy odbijaczy dipolowych należy spełnić następujące warunki: sygnały odbite od odbijaczy powinny mieć dużą intensywność w porównaniu z sygnałami odbitymi od celu, powinny być odbierane równocześnie, względnie z różnicą nie większą od zdolności rozróżniania stacji. Odbijacze powinny być rozsiane w przestrzeni równomiernie, w której maskowany jest cel. Do walki z zakłóceniami pasywnymi opracowanych zostało wiele specjalnych metod. Jedną z najbardziej skutecznych metod do walki z zakłóceniami pasywnymi jest metoda koherentno-impulsowa.

2. Metoda koherentno-impulsowa.

Obiekt powietrzny i odbijacze dipolowe, tworzące obłok w przestrzeni posiadają różne składowe prędkości radialnej w stosunku do stacji radiolokacyjnej obserwującej obiekty. Ponieważ w porównaniu do prędkości obserwowanego obiektu prędkość przemieszczania się odbijaczy jest mała, to dla uproszczenia przyjmiemy, że odbijacze dipolowe są nieruchome, a obserwowany obiekt w stosunku do stacji radiolokacyjnej posiada prędkość radialną / W_r /. Dla wyodrębnienia sygnałów od obiektów ruchomych na tle zakłóceń pasywnych stosuje się

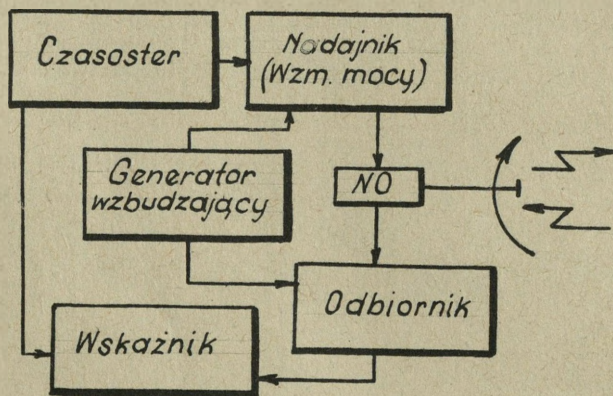
urządzenie, którego działanie oparte jest na wykorzystaniu zjawiska Dopplera. Fale elektromagnetyczne odbite od obiektów ruchomych powracają do anteny stacji radiolokacyjnej. Częstotliwość ich różni się od częstotliwości drgań wysyłanych przez antenę nadawczą.

Na wejście odbiornika stacji radiolokacyjnej oprócz sygnałów odbitych przychodzą drgania w.cz. z generatora wzbudzającego /rys. 10/. W rezultacie zmieszania i detekcji tych sygnałów na wejściu odbiornika powstają drgania częstotliwości różnicowej zwane dopplerowską.

$$F_D = f - f_0 = \frac{2Wr}{c} \cdot f \quad /5/$$

gdzie F_D - częstotliwości różnicowe
 f - częstotliwość generatora nadajnika
 f_0 - częstotliwość odebrana przez odbiornik
 c - prędkość rozchodzenia się fal radiowych /300000 km/sek/
 Wr - prędkości radialna obiektu.

Urządzenie pracujące na zasadzie porównywania faz drgań w.cz. przy odbiciu od ruchomych i nieruchomych obiektów nosi nazwę urządzenia radiolokacji koherentno-impulsowej lub selekcji celów ruchomych /SCR/. Termin "koherentny" oznacza, że wykorzystuje się drgania posiadające jednakowy okres i stałe przesunięcia fazowe w każdym momencie czasu. Uproszczony schemat blokowy takiej stacji radiolokacyjnej pokazany jest na rys. 10.



Rys. 10. Uproszczony schemat blokowy RIS z urządzeniem koherentno-impulsowym.

Zastosowanie powyższego układu koherentno-impulsowego możliwe jest w stacjach zakresu metrowego, w których wzmacniacz mocy pracuje na lampie elektronowej.

Częstotliwość i faza promieniowanych drgań określana jest według generatora nadajnika stacji, które podawane są równocześnie do wzmacniacza mocy i do odbiornika. Jeżeli obiekt znajduje się na stałej odległości /nie porusza się lub porusza się po okręgu w stosunku do stacji/ to drgania każdego odbitego impulsu przesunięte są o jednakowy kąt fazowy $\Delta\varphi$ w porównaniu z impulsem sondującym. Czas przejścia impulsu od momentu wypromieniowania do momentu przyścia do stacji, po odbiciu od obiektu, jest stały. Na wejście detektora odbiornika działają: napięcie sygnału odbitego od celu U_s i napięcie z generatora nadajnika U_g

$$U_s = U_{smax} \cos\left[2\pi f_g(t - t_c)\right] = U_{smax} \cos\left[2\pi f_g\left(t - \frac{2D_c}{c}\right)\right]$$

lub
$$U_s = U_{smax} \cos(2\pi f_g t - \Delta\varphi)$$

$$U_g = U_{gmax} \cos 2\pi f_g t$$

gdzie: C - prędkość rozchodzenia się fal radiowych
 D_c - odległość celu od RLS
 t_c - czas przejścia sygnału do celu i z powrotem
 $\Delta\varphi$ - różnica faz między napięciem U_s i U_g
 f_g - częstotliwość drgań generatora.

Jak wynika z powyższego napięcie sygnału U_s opóźnia się w fazie względem napięcia generatora nadajnika U_g o kąt $\Delta\varphi$ fazowy. Wykres wektorowy odpowiadający wyrażeniom U_s i U_g pokazany jest na rys. 11a.

Amplituda napięcia wypadkowego U_w , działającego na detektor podczas odbioru sygnałów odbitych może być określona ze wzoru:

$$U_{wmax} = \sqrt{U_{smax}^2 + U_{gmax}^2 + 2U_{gmax}U_{smax} \cos \Delta\varphi} =$$
$$= U_{gmax} \sqrt{1 + \left(\frac{U_{smax}}{U_{gmax}}\right)^2 + \frac{2U_{smax}}{U_{gmax}} \cos \Delta\varphi}$$

ponieważ $U_{smax} \ll U_{gmax}$



W_p - prędkość radialna
 V_s - ...

to

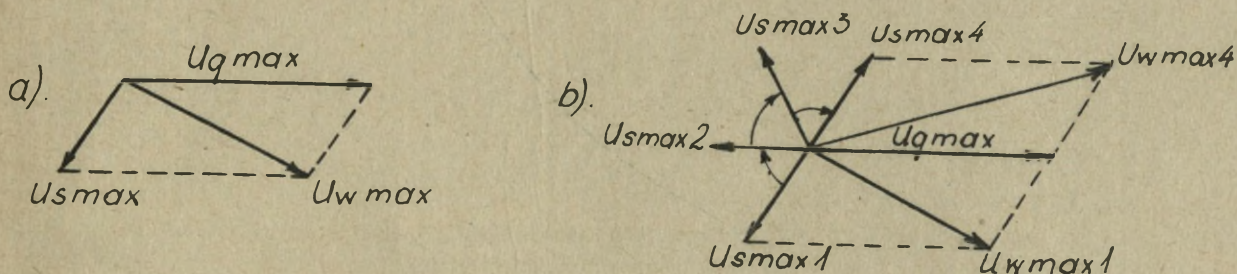
$$\sqrt{1 + \left(\frac{U_{smax}}{U_{qmax}}\right)^2 + \frac{2U_{smax}}{U_{qmax}} \cos \Delta\varphi} \approx$$

$$\approx \sqrt{1 + \frac{2U_{smax}}{U_{qmax}} \cos \Delta\varphi}$$

wówczas

$$U_{wmax} \approx U_{qmax}$$

$$\sqrt{1 + \frac{2U_{smax}}{U_{qmax}} \cos \Delta\varphi}$$



Rys.11. Wykres wektorowy a i b

Przy odbiciu sygnałów od obiektu nieruchomego kąt $\Delta\varphi$ od impulsu do impulsu pozostaje stały to znaczy, że amplituda każdego kolejnego następnego impulsu wypadkowego na wejściu odbiornika równa jest amplitudzie impulsu poprzedzającego. Dzięki temu na ekranie wskaźnika stacji radiolokacyjnej impuls odbity od celów nieruchomych nie zmienia swego położenia ani amplitudy.

Jeżeli obiekt powietrzny posiada prędkość radialną W_r w stosunku do stacji radiolokacyjnej, to czas przejścia sygnału od momentu jego wypromiowania do momentu jego odbioru /po odbiciu od przemieszczającego się obiektu/ będzie zmieniać się, a jednocześnie będzie zmieniać się od sygnału do sygnału kąt $\Delta\varphi$ na wielkość

ponieważ

$$\Delta\varphi_T = \Delta\varphi - \Delta\varphi_1$$

$$\Delta\varphi_1 = 2\pi f q \cdot \frac{2(D_c - W_r T)}{c}$$

gdzie: T - okres powtarzania

D_c - odległość do celu

λq - długość fali na której pracuje generator RIS

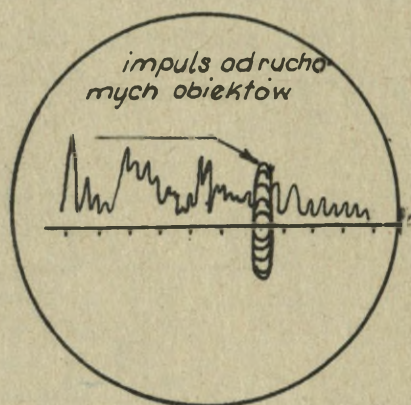
to

$$\Delta\varphi_T = 2\pi f q \frac{2D_c}{c} - 2\pi f q \cdot \frac{2(D_c - W_r T)}{c} =$$

$$= \frac{4\pi f q W_r T}{c} = \frac{4\pi W_r T}{\lambda q}$$

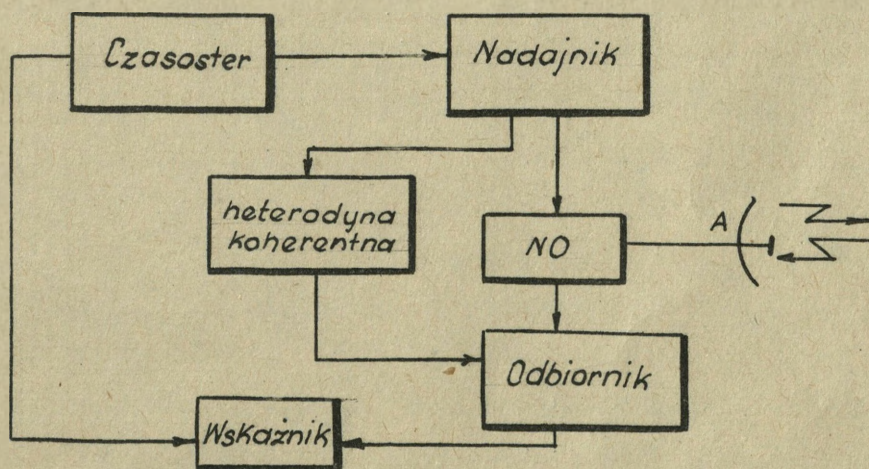
Dzięki zmianie kąta $\Delta\varphi$ zmienia się również wielkość amplitudy impulsu na wyjściu odbiornika. Wynika to również z wykresu wektorowego rys. 11b. Przy czym U_{max} zmienia się od sygnału do sygnału i w rezultacie sygnał na wyjściu ma charakter pulsujący.

Sygnaly od obiektów nieruchomych obserwowane są na wskaźniku typu A w postaci impulsów mało zmieniających się w wysokości /amplitudzie/, a sygnaly odbite od ruchomych obiektów obserwuje się w kształcie impulsów o ciągle zmieniającej się wysokości rys.12.



Rys.12. Sygnaly obserwowane na wskaźniku typu A.

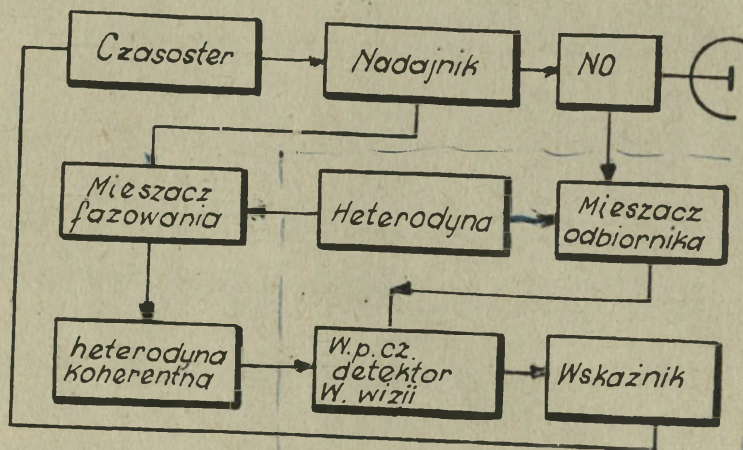
W niektórych stacjach radiolokacyjnych rolę generatora wzbudzającego spełnia heterodyna koherentna /ciągle pracujący generator samowzbudny/ pracująca z częstotliwością równą częstotliwości fali nośnej stacji radiolokacyjnej. Rys.13.



Rys.13. Uproszczony schemat blokowy RLS z heterodyną koherentną.

Dla uzgodnienia fazy drgań generatora nadajnika /magnetronu/ i heterodyny koherentnej część mocy z generatora nadajnika podawana jest na heterodynę koherentną. Dzięki czemu następuje fazowanie heterodyny koherentnej zgodnie z generatorem nadajnika. Ciągłe drgania heterodyny koherentnej ściśle związane są w fazie z drganiami generatora nadajnika, a zmiana fazy od impulsu do impulsu posiada stałe przesunięcia fazowe.

Ponieważ fazowanie heterodyny koherentnej łatwiej jest wykonać na częstotliwości pośredniej, dlatego też drgania w.cz. z nadajnika przetwarzane są na drgania pośredniej częstotliwości, a następnie podawane są na heterodynę, które wykorzystywane są w celu uzgodnienia faz obu generatorów. Układ pracujący z heterodyną koherentną fazowaną na częstotliwości pośredniej przedstawia rys. 14.

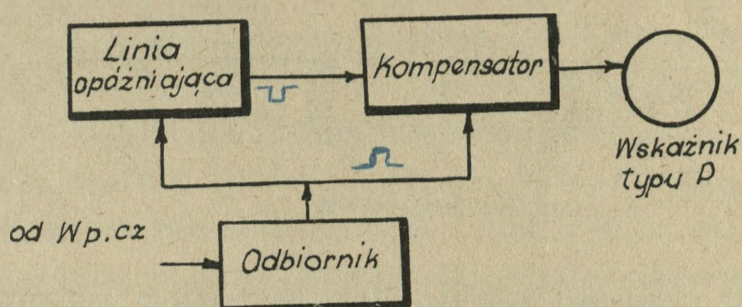


Rys.14. Uproszczony schemat blokowy RLS z heterodyną koherentną fazowaną na częstotliwości pośredniej.

3. Selekcja celów ruchomych /metoda kompensacyjna/

We współczesnych stacjach radiolokacyjnych stosuje się dodatkowe urządzenia, pozwalające obserwować na ekranie wskaźnika tylko obiekty ruchome. Sygnały odbite od obiektów stałych i wolno poruszających się są skompensowane i nie podają się na wskaźnik.

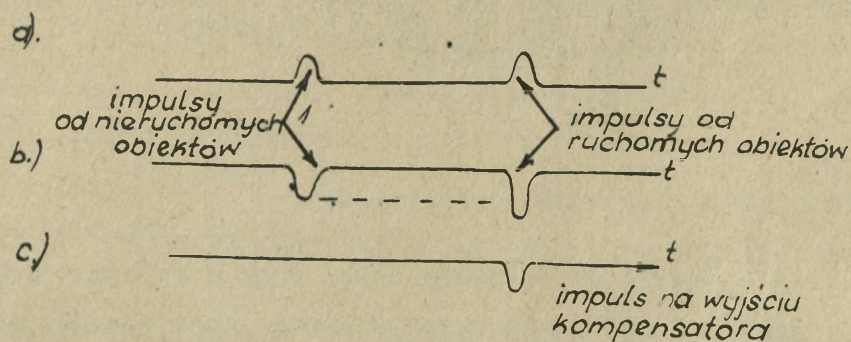
Aby na elektrodę sterującą lampy oscyloskopowej typu "P" podawane były tylko sygnały odbite od obiektów ruchomych, w urządzeniu zastosowano tzw. metodę okresowej kompensacji. Zasada pracy tego urządzenia polega na tym, że z wyjścia detektora sygnały odbite od obiektów podawane są jednocześnie do stopnia kompensacyjnego i do układu opóźniającego, który opóźnia impulsy na czas równy okresowi powtarzania impulsów T. Rys. 15.



Rys.15. Zasada pracy urządzenia okresowej kompensacji.

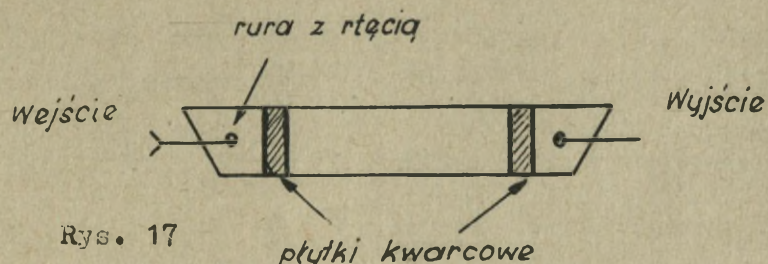
Jednocześnie z opóźnieniem na okres powtarzania T w układzie zmienia się polaryzacja impulsów opóźnianych. W rezultacie czego, w każdym momencie czasu w kompensatorze od każdego impulsu opóźnianego podejmuje się napięcie każdego następnego impulsu nieopóźnionego. Wszystkie sygnały odbite od obiektów nieruchomych posiadają jednakowe amplitudy w każdym okresie i dlatego wzajemnie kompensują się. Sygnały odbite od obiektów ruchomych w każdym okresie posiadają różne amplitudy. W rezultacie na lampę oscyloskopową będzie działać jedynie napięcie, które jest rezultatem różnicy napięć dwóch kolejno po sobie następujących impulsów rys. 16.

Jako urządzenie opóźniające, impulsy na jeden okres powtarzania, stosowane są rtęciowe metalizowane i kwarcowe ultradźwiękowe linie opóźniające, jak również potencjałoskopowe lampy elektronowe.



Rys.16. Zasada kompensacji sygnałów.

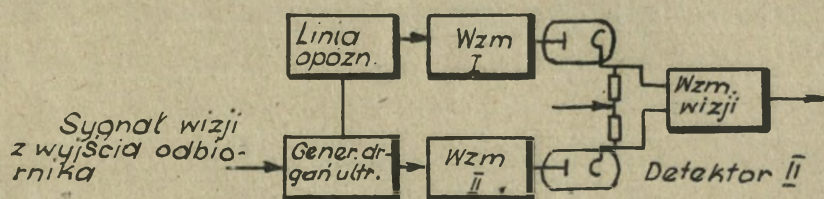
Rtęciowe linie opóźniające wykonane są w kształcie metalowej rury wypełnionej rtęcią, na końcach której zamontowane są płytki kwarcowe rys.17.



Rys. 17

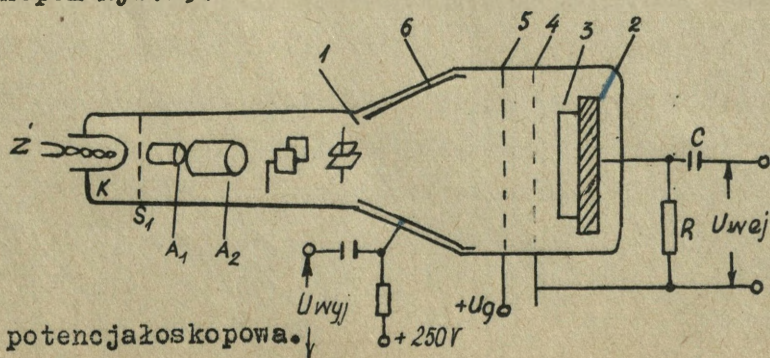
Na wejście linii rtęciowej podawane jest napięcie o częstotliwości równej częstotliwości drgań własnych pytki kwarcowej. Obwód doprowadzonego napięcia odpowiada sygnałowi wizyjnemu na wyjściu odbiornika. Pod działaniem tego napięcia płytka kwarcowa drga dzięki czemu w rtęci rozprzestrzeniają się drgania ultradźwiękowe z prędkością $V = 1410 \text{ m/sek}$ co zapewnia opóźnienie sygnału w czasie o $700 \mu\text{sekna}$ 1 m długości linii.

Pod wpływem drgań rtęci zaczyna drgać płytka kwarcowa na wyjściu linii, z której zdejmowane jest napięcie odpowiadające napięciu na wyjściu odbiornika i opóźniane o okres powtarzania T . Wykorzystane zostało do tego zjawisko piezoelektryczne kwarcu. Rtęciowe linie opóźniające włączane są do układu jak na rys.18.



Rys. 18. Sposób włączenia linii opóźniającej.

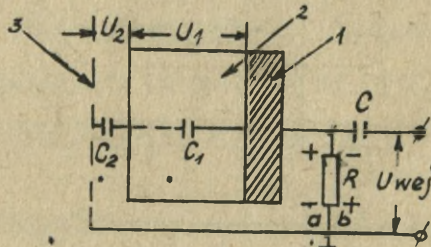
Urządzenie opóźniające na jeden okres wraz z układem odejmowania w systemie selekcji celów ruchomych stanowi lampa elektronowa zwana potencjałoskopem Rys.19.



Rys. 19. Lampa potencjałoskopowa.

Lampa taka składa się z działka elektronowego, /1/ - elektrostatycznego układu odchylającego, /2/ - płytki sygnałowej, /3/ - dielektrycznej tarczy potencjałonośnej, /4/ - siatki sterującej, /5/ siatki ekranującej i /6/ - kolektora. W lampie potencjałoskopowej wiązka elektronów pada na dielektryczną tarczę potencjałonośną i wybija z niej wtórne elektrony, które przelatując płaszczyznę siatki sterującej przyspieszane są i trafiają na kolektor tworząc tym samym prąd kolektora. Szybkość elektronów w kierunku siatki sterującej i kolektora zależy od biegunowości i wielkości napięcia wejściowego / U_{wej} /. Dla całkowitego wykorzystania powierzchni tarczy potencjałonośnej w potencjałoskopie wiązka elektronów obiega jej powierzchnię po zwijającej się do środka spirali i podłącza tym samym na zaciski wyjściowe dowolny punkt z tarczy potencjałonośnej. Czas trwania spiralnej podstawy czasu odpowiada maksymalnej odległości stacji radiolokacyjnej.

Przy braku sygnału na wejściu, potencjałoskop znajduje się w stanie stałej równowagi. Przy przyjściu na płytkę sygnałową sygnału, napięcie wejściowe dzieli się odwrotnie proporcjonalnie do pojemności C_1 i C_2 Rys.20.



Rys.20. Rozkład potencjałów w potencjałoskopie.

Napięcie U_2 /rys.20/ przyłożone między powierzchnią tarczy potencjałonośnej i siatkę sterującą, przy dodatnim potencjale sygnału wejściowego, będzie hamować strumień wtórnych elektronów zmieniając tym samym prąd kolektora, ponieważ część elektronów będzie wracała na tarczę.

Spowoduje to zwiększenie się ładunku na pojemność C_1 do napięcia U_{wej} .

Przy ujemnym potencjale sygnału wejściowego prąd kolektora będzie wzrastał. Przychodzące na wejście potencjałoscopu sygnały od obiektów nieruchomych posiadają jednakową polaryzację i amplitudę. Dlatego też napięcie na elementarnych pojemnościach tarczy potencjałonośnej od impulsu do impulsu nie zmienia się i prąd w obwodzie kolektora pozostaje stały. Sygnały od obiektów ruchomych mając różną wartość amplitudy w każdym nowym okresie podstawy czasu w danym punkcie tarczy potencjałonośnej powodują przekładowanie pojemności elementarnej i w rezultacie zmienia się prąd kolektora. Na oporności obciążenia w obwodzie kolektora wydzieli się sygnał proporcjonalny do różnicy amplitud impulsów poprzedzających i następujących okresów powtarzania. Dzięki zastosowaniu potencjałoskopów można realizować układy pozwalające na odbiór sygnałów odbitych tylko od obiektów ruchomych.

IV. TECHNICZNE METODY UODPORNIAJĄCE STACJE RADIOLOKACYJNE PRZED ZAKŁOĆNIAMI AKTYWNYMI.

1. Warunki stosowania zakłóceń aktywnych.

Zródkiem celowych zakłóceń aktywnych są specjalne nadajniki zakłóceń. Obserwacja odbitych sygnałów od obiektów na wskaźnikach stacji radiolokacyjnej na tle sygnałów od nadajników zakłóceń jest utrudniona lub niemożliwa gdy spełnione są następujące warunki:

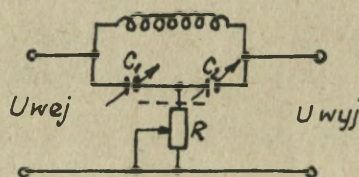
- sygnał zakłócający promieniowany jest w kierunku na zakłócaną RIS i odbierany jest równocześnie z sygnałem użytecznym;
- moc sygnału zakłócającego na wejściu odbiornika przewyższa moc sygnału użytecznego;
- częstotliwość nośną sygnału zakłócającego pokrywa się z częstotliwością sygnału użytecznego lub znajduje się w paśmie przepuszczania odbiornika.

Drgania wielkiej częstotliwości promieniowane przez nadajnik zakłóceń mogą być modulowane lub niemodulowane. Modulowane nazywają się drgania, w których jeden z parametrów /amplituda częstotliwość, faza/ zmienia się. Celowe zakłócenia aktywne dzielą się na: niemodulowane, modulowane amplitudowo, modulowane w częstotliwości, modulowane impulsowo i szumowo. Ze względu na szerokość pasma zakłóceń dzielą się na wąskopasmowe i szeroko-pasmowe. W niniejszym skrypcie nie omówiono dokładnie charakterystyki poszczególnych rodzajów zakłóceń ponieważ materiały odnośnie tych zagadnień są szeroko opisane w dostępnej literaturze.

W celu uodpornienia stacji radiolokacyjnych przed zakłóceniami aktywnymi stosuje się szereg układów. Należy jednak zaznaczyć, że żadne urządzenie nie jest uniwersalnym. Skutecznie zmniejszając efektywność jednego rodzaju zakłóceń będzie ono mniej przydatne w stosunku do drugiego rodzaju zakłóceń. Niżej zostaną omówione układy do walki z zakłóceniami aktywnymi, które znalazły najszersze zastosowanie.

2. Filtry pasmowo-zaporowe.

Filtry pasmowo-zaporowe przeznaczone są dla osłabienia zakłóceń: niemodulowanych, modulowanych małą częstotliwością, lub modulowanych impulsowo z czasem trwania impulsu większym od czasu trwania impulsu stacji radiolokacyjnej i posiadających widmo częstotliwości znacznie węższe od widma sygnału użytecznego. Na rys. 21 pokazany jest schemat filtru pasmowo-zaporowego. Za pomocą kondensatorów C_1 , C_2



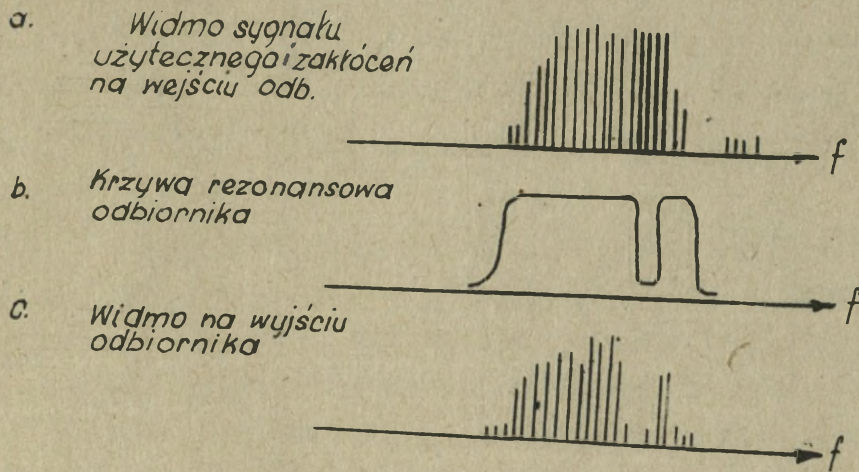
Rys. 21. Filtr pasmowo-zaporowy

można dostroić się na dowolną częstotliwość w granicach pasma przepuszczenia odbiornika.

Zasada działania filtru pasmowo-zaporowego jest następująca. Jeśli na wejście odbiornika przychodzi sygnał użyteczny wraz z sygnałem zakłócającym /rys. 22 a/ to w filtrze pasmowo-zaporowym sygnały odpowiadające widmu częstotliwości zakłóceń zostają osłabione i w krzywej rezonansowej odbiornika powstaje przerwa. /rys. 22b/. Sygnały pozostałych częstotliwości odbieranych impulsów filtr przepuszcza bez osłabienia.

W rezultacie w widmie częstotliwości sygnału na wyjściu odbiornika zakłócenie zostaje stłumione. /rys. 22 c/. Na skutek tego zostaje w pewnym stopniu zniekształcony kształt odbitych impulsów. Jednak przy znacznym zmniejszeniu amplitudy zakłóceń

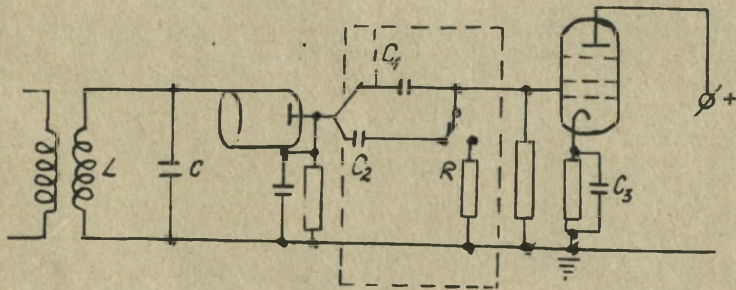
istnieje możliwość obserwowania na ekranie wskaźnika sygnały odbite od obiektów



Rys. 22. Widmo sygnałów użytecznego i zakłócającego.

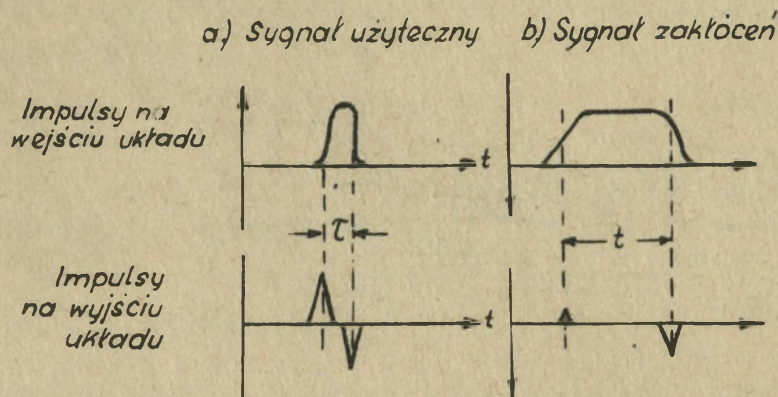
2a. Obwody różniczkujące

Obwód różniczkujący przeznaczony jest do osłabienia zakłóceń impulsowych, posiadających duży czas trwania impulsu, /zakłócenia od odbijaczy dipolowych, chmur, przedmiotów terenowych/ a także zakłóceń modulowanych w częstotliwości lub amplitudzie małą lub wielką częstotliwością. Układ z obwodem różniczkującym włączony jest z reguły pomiędzy detektor i wzmacniacz wizji /rys. 23/.



Rys. 23. Układ z obwodem różniczkującym.

Zasada działania obwodu z obwodem różniczkującym jest następująca. Jeśli z odbiornika na wejście układu z obwodem różniczkującym zostanie podany impuls, na wyjściu jego powstaną dwa impulsy o przeciwnej polaryzacji z odstępem czasowym równym czasowi trwania odebranego sygnału. /Rys. 24/.



Rys.24. Impulsy na wejściu i wyjściu układu z obwodem różniczkującym.

Każdy z impulsów na wyjściu układu posiada mniejszy czas trwania w porównaniu z impulsem podanym na wejście. Amplituda impulsów jest proporcjonalna do czasu narastania czoła i opadania tyłu podanego impulsu na wejście układu.

Sygnale odbite od chmur deszczowych, odbijaczy dipolowych dają impulsy o bardziej pochyłych zboczach w porównaniu z impulsami sygnałów odbitych od obiektów powietrznych.

Dzięki temu po przejściu przez obwód różniczkujący są osłabiane i posiadają małe amplitudy. Impulsy sygnałów odbitych od obiektów powietrznych posiadają krótki czas trwania i strome zbocza, dlatego też podane na obwód różniczkujący są mało osłabiane.

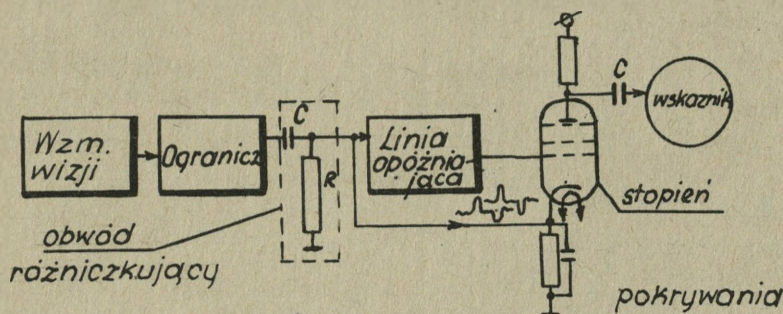
We współczesnych stacjach radiolokacyjnych układy z obwodami różniczkującymi są tak obliczane, aby mogły osłabiać wszystkie impulsy, czas trwania których jest większy od czasu trwania impulsów stacji radiolokacyjnej.

Opisany układ z obwodem różniczkującym osłabia oddziaływanie zakłóceń w tym wypadku jeśli sygnał zakłóceń i sygnał użyteczny przychodzą na wejście odbiornika niejednocześnie.

3. Układ selekcji według czasu trwania impulsu.

Układ selekcji według czasu trwania impulsu przeznaczony jest dla osłabienia impulsów zakłócających, których czas trwania jest różny od czasu trwania impulsu sygnału użytecznego.

Układ ten składa się z obwodu różniczkującego, linii opóźniającej oraz stopnia pokrywania rys.25.



Rys.25. Schemat układu selekcji wg czasu trwania impulsu.

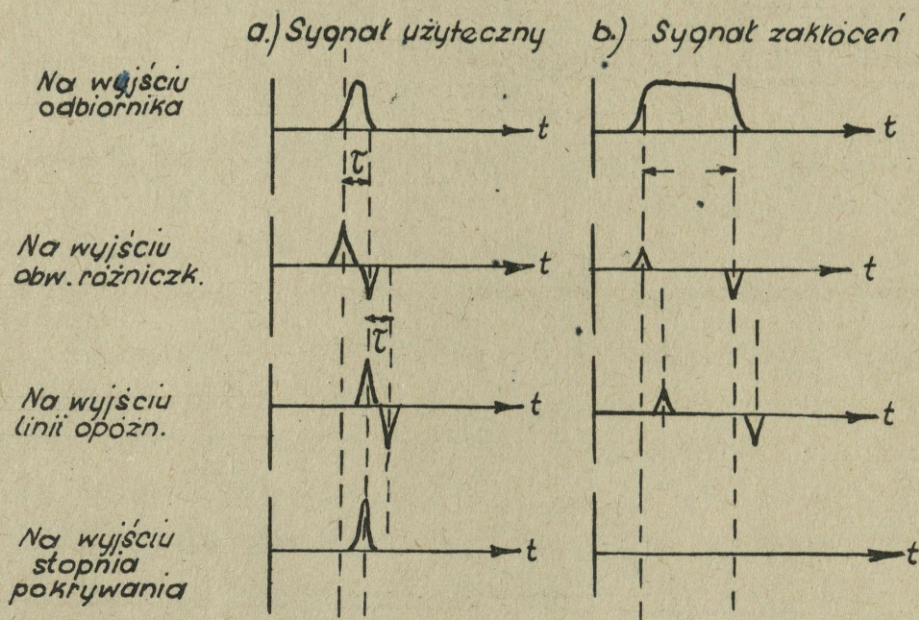
Zasada pracy powyższego układu jest następująca. Jeżeli z wyjścia odbiornika zostanie podany impuls na obwód różniczkujący, to na wyjściu jego otrzymamy dwa impulsy o przeciwnej polaryzacji i mniejszym czasie trwania w porównaniu z impulsem podanym na wejście. Odległość między impulsami na wyjściu obwodu różniczkującego jest równa czasowi trwania impulsu użytecznego /rys.26 a/. Krótkotrwałe impulsy o dodatniej i ujemnej polaryzacji podawane są na lampę stopnia pokrywania dwoma kanałami: bezpośrednio na katodę lampy oraz przez linię opóźniającą na siatkę lampy.

W linii opóźniającej następuje przesunięcie /opóźnienie/, każdego przychodzącego impulsu o czas równy czasowi trwania impulsu stacji radiolokacyjnej.

Ponieważ czas trwania impulsu sygnału odbitego od obiektu powietrznego jest równy czasowi trwania impulsu stacji radiolokacyjnej to na wejście stopnia pokrywania podane zostają jednocześnie dwa impulsy: jeden bezpośrednio z obwodu różniczkującego, drugi po przejściu linii opóźniającej. Lampa stopnia pokrywania pracuje, jeśli na jej siatkę będzie podany jednocześnie dodatni impuls otrzymany po zróżniczkowaniu czoła impulsu, a na katodę - ujemny impuls otrzymany po zróżniczkowaniu tyłu impulsu. Na obciążeniu lampy stopnia pokrywania powstanie spadek napięcia, który podany zostaje na wskaźnik.

Jeśli na wejście odbiornika przyjdzie impuls zakłóceń, którego czas trwania jest większy od czasu trwania impulsu stacji radiolokacyjnej /rys. 26 b/ to nieopóźniony impuls z wyjścia obwodu różniczkującego /odpowiadający tyłowi impulsu zakłócającego/ i opóźniony /odpowiadający czołu impulsu/ przychodzą na wejście stopnia pokrywania nie jednocześnie.

W rezultacie przez lampę nie płynie prąd i na jej obciążeniu nie wydzieli się spadek napięcia a za tym zakłócenia nie będą obserwowane na wskaźniku.

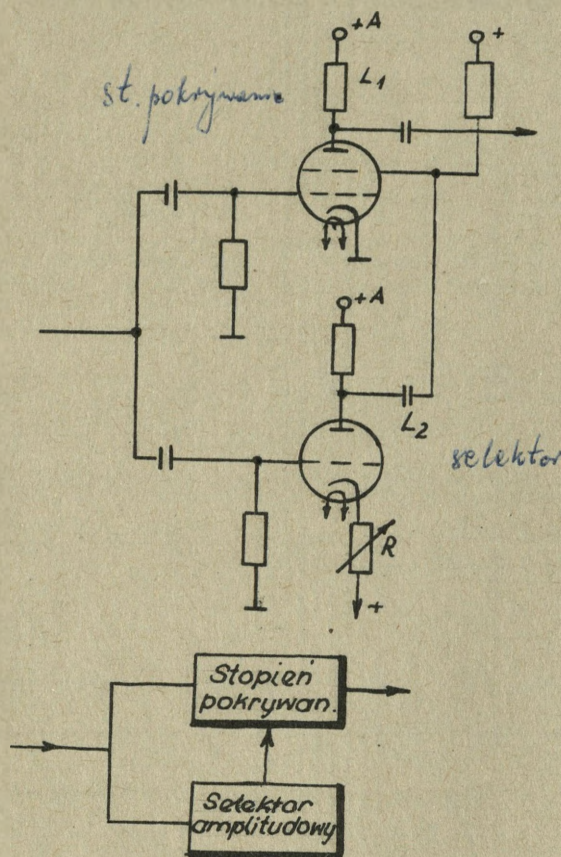


Rys.26. Impulsy użyteczne i zakłóceń na wyjściu poszczególnych stopni układu.

4. Układ selekcji impulsów w amplitudzie.

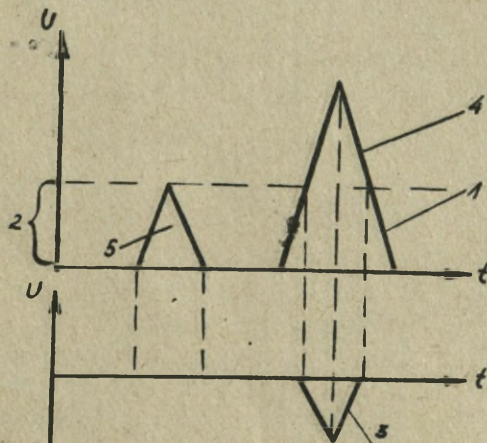
Układ selekcji impulsów w amplitudzie przeznaczony jest dla osłabienia impulsów zakłócających, amplituda których przewyższa amplitudę sygnału użytecznego.

Układ ten składa się z selektora amplitudowego i stopnia pokrywania /rys. 27/.



Rys.27. Układ selekcji impulsów w amplitudzie.

Selektor amplitudowy wytwarza ujemne impulsy /3/ zatykające tor odbiorczy w momencie przyjęcia sygnału zakłóceń /rys. 28/. Impulsy ujemne otrzymujemy tylko w tym przypadku, jeśli amplituda sygnału zakłóceń /1/ przewyższa ustalony wcześniej poziom ograniczenia /2/.



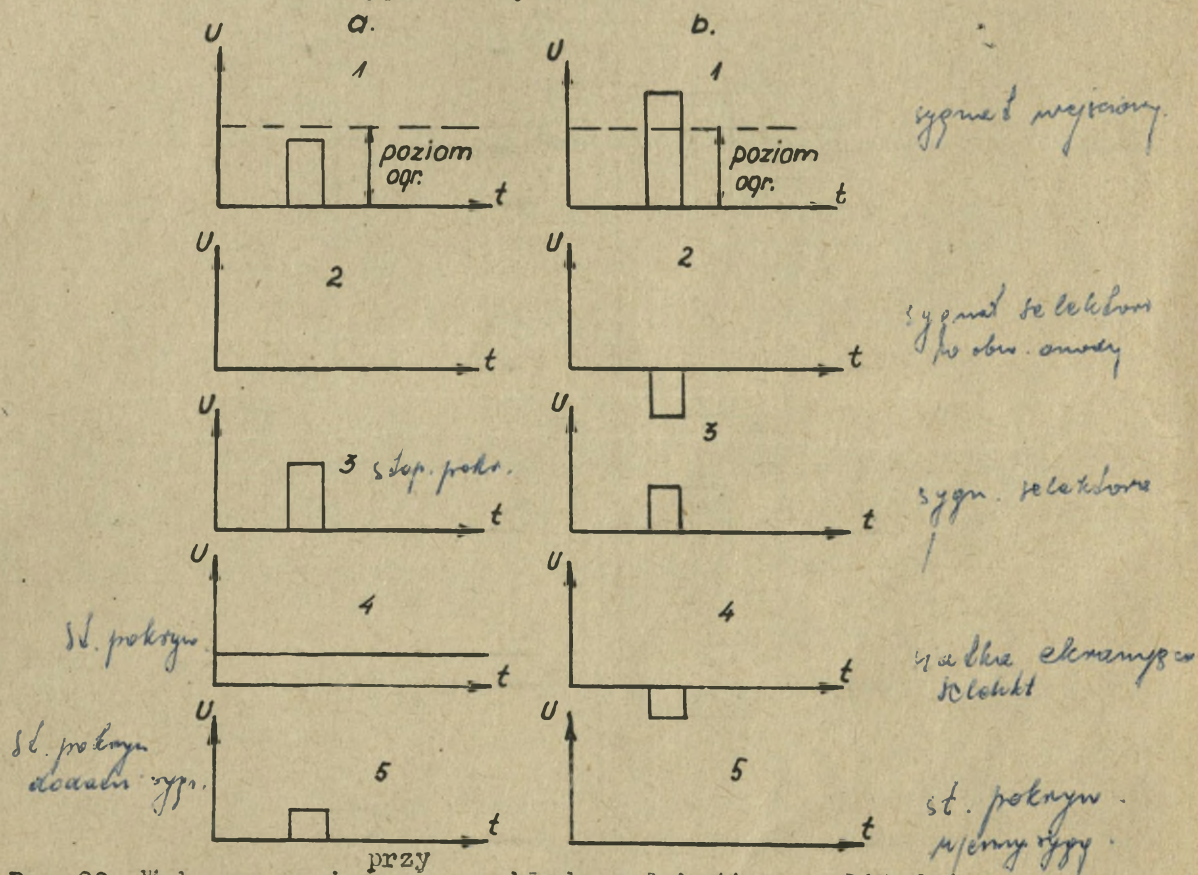
Rys.28. Praca układu selekcji impulsów w amplitudzie.
 1 - sygnał zakłóceń, 2 - poziom ograniczenia
 3 - impuls ujemny zatykający lampę stopnia pokrywania
 4 - szczyt impulsu zakłócającego
 5 - sygnał poniżej poziomu ograniczenia.

Zasada pracy powyższego układu jest następująca:

Przychodzący dodatni sygnał podaje się równocześnie na siatkę sterującą lampy L_1 stopnia pokrywania i na siatkę sterującą selektora amplitudowego L_2 . Na siatkę ekranującą ^{L_1} podane jest napięcie dodatnie. Warunki pracy lampy dobrane są w ten sposób, aby prąd płynął przez nią tylko w przypadku jeśli dodatnie napięcie podaje się równocześnie na siatkę sterującą i ekranującą. Jeśli sygnał zakłóceń przewyższa poziom ograniczanie selektora amplitudowego L_2 dobrany opornością R , to w obwodzie anodowym powstaje ujemny impuls, który podawany jest na siatkę ekranującą lampy stopnia pokrywania.

W ten sposób pod działaniem zakłóceń napięcie na siatce ekranującej lampy stopnia pokrywania zmniejsza się, lampa L_1 zatyka się i nie przepuszcza zakłóceń na wyjście odbiornika.

Pracę układu wyjaśnia rys. 29.



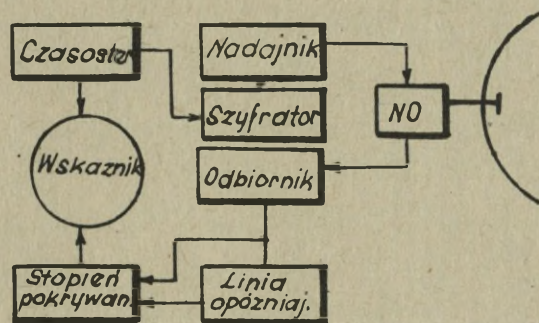
Rys. 29. Wykresy napięć pracy układu selekcji w amplitudzie.

- a - wykresy dla sygnału poniżej poziomu ograniczenia
- b - wykresy dla sygnału powyżej poziomu ograniczenia
- 1,2 - napięcie na wejściu i wyjściu selektora /odpowiednio/
- 3 i 4 - napięcie na siatce sterującej i ekranującej /odpowiednio/
- 5 - sygnał na wyjściu stopnia pokrywania.

Jak widać z rys. 29 sygnał na wyjściu otrzymany tylko wówczas gdy na wejście układu zostaje podany sygnał, którego amplituda jest mniejsza od poziomu ograniczenia.

5. Układ kodowania impulsów sondujących

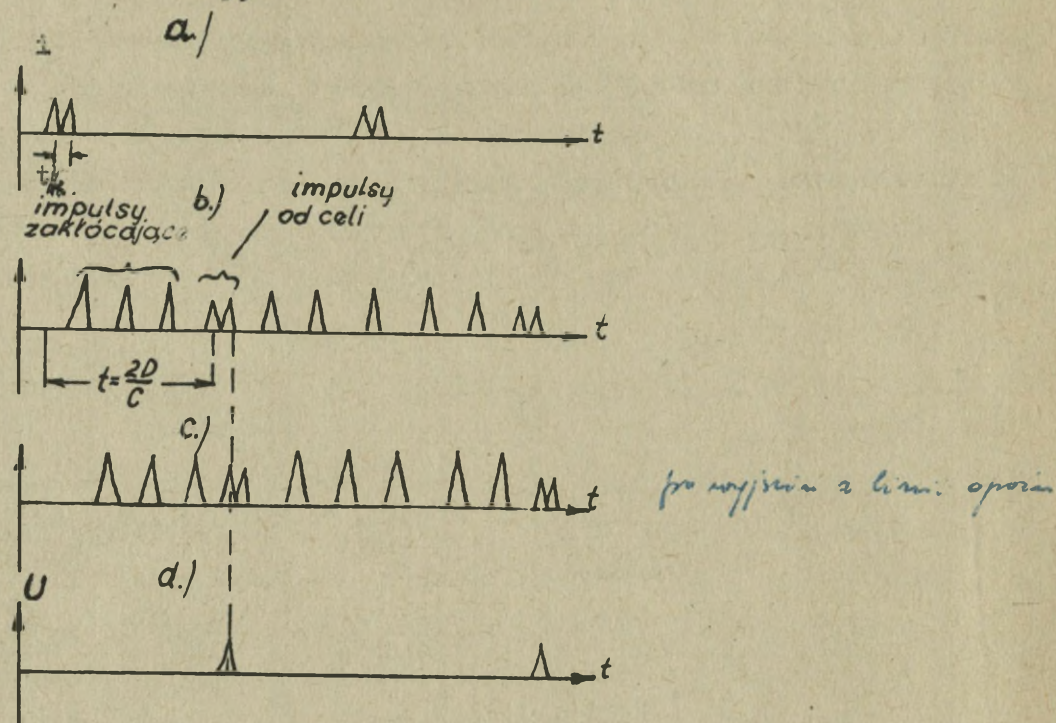
Układ kodowania impulsów sondujących przeznaczony jest dla uodpornienia stacji radiolokacyjnej przed zakłóceniami impulsowymi. Blokowy schemat stacji z kodowaniem impulsów sondujących pokazany jest na rys. 30.



Rys. 30. Schemat blokowy RIS z kodowaniem impulsów sondujących.

Przy kodowaniu impulsów sondujących urządzenie nadawcze stacji radiolokacyjnej wypracowuje i wypromieniowuje przez antenę grupę impulsów z określonym kodem i częstotliwością powtarzania. Impulsy te po odbiciu od obiektu powietrznego odbierane są przez antenę - rys. 31a. Z wyjścia odbiornika na stopień pokrywania dostają się dwa impulsy. Jeden bezpośrednio, a drugi, przez linię opóźniającą, która opóźnia odbite impulsy na czas ich kodowania t_k /rys. 31 b/. Pierwszy impuls odbity, przechodzący z wyjścia linii opóźniającej, jest zgodny w czasie z następnym nieopóźnionym impulsem odbitym /rys. 31c/, który podany jest na stopień pokrywania bezpośrednio z wyjścia odbiornika. Ponieważ oba te impulsy działają na dwie siatki lampy stopnia pokrywania jednocześnie, to lampa przewodzi i na jej obciążeniu wydzieli się spadek napięcia, który podany zostaje na wskaźnik.

Dzięki istnieniu w układzie tzw. stopnia deszyfrującego, pojedyncze impulsy zakłócające nie zostają zobrazowane na wskaźniku. Zasada pracy deszyfratora jest analogiczna do opisanej pracy układu selekcji sygnałów według czasu trwania impulsów.



Rys.31. Impulsy na poszczególnych stopniach układu.

6. Srodki i metody stosowane przeciwko celowym zakłóceniom szumowym.

Uodpornienie urządzeń radiolokacyjnych przed aktywnymi zakłóceniami modulowanymi szumem nastręcza największe trudności. Zakłócenia tego rodzaju obejmują bowiem szerokie widmo częstotliwości, posiadające haotyczny charakter a zmiany w nim następują niyokresowo.

Przeciwko aktywnym zakłóceniom szumowym stosuje się następujące środki i metody: filtry, zmianę czasu trwania impulsu, prze-strajanie częstotliwości, regulacje wzmożenia odbiornika, układy sumujące,

Zastosowanie filtrów dolno i górnoprzepustowych pozwala usunąć niektóre składniki widma częstotliwości zakłóceń i stworzyć bardziej pomyślne warunki do wydzielenia i obserwacji na ekranie wskaźnika sygnałów użytecznych.

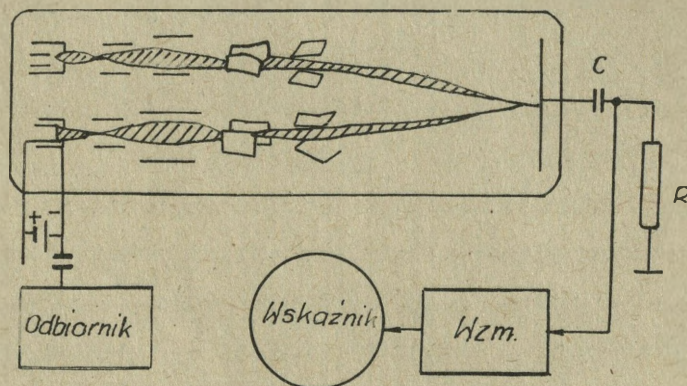
Zwiększenie czasu trwania impulsu stacji radiolokacyjnej także może być skutecznym środkiem ugeliminowania zakłóceń zmodulowanych szumem, ponieważ w tym przypadku przejście przez urządzenie odbiorcze stacji szerokiego impulsu sygnału odbitego, posiadającego węższe pasmo częstotliwości, znacznie poprawia stosunek sygnału użytecznego do zakłóceń.

Przestrzajanie częstotliwości nadajnika uważa się za jeden z doskonałych środków zwalczania zakłóceń szumowych, ponieważ pozwala ono szybko przejść na pracę w zakresie widma częstotliwości, znajdującego się poza pasmem częstotliwości zajmowanych przez zakłócenie szumowe. Przestrzajanie jest skuteczne jeśli zakres przestrajania jest dostatecznie duży, a czas przejścia z jednej fali na drugą jest niewielki.

7. Układy sumujące.

W walce z celowymi zakłóceniami szumowymi szerokie zastosowanie znalazły układy sumujące. W układach tych wykorzystuje się różnicę polegającą na tym, że impulsy odbite od obserwowanych obiektów powtarzają się okresowo, natomiast impulsy od szumów posiadają różny czas trwania i zmieniają się chaotycznie w amplitudzie i czasie ich powtarzania.

Rozpatrzmy zasadę pracy jednego ze specjalnych układów sumujących, w którym zastosowano dwustrumieniową lampę oscyloskopową specjalnej konstrukcji, tzw. potencjałoskop.



Rys.32. Zasada pracy potencjałoskopu dwustrumieniowego.

Potencjałoskop składa się z dwóch dział elektronowych, dwóch systemów płytek odchylających, a zamiast ekranu fluoryzującego, posiada płytkę potencjałonośną, na powierzchni, której naniesiona jest półprzewodnikowa warstwa tlenku glinu /rys. 32/.

Zasada pracy układu jest następująca. Jedno działo elektronowe wytwarza strumień elektronów małych prędkości, którego gęstość modulowana jest sygnałami wizyjnymi podawanymi na siatkę potencjałoskopu. Drugie działo elektronowe wytwarza strumień elektronów dużej prędkości, o stałej

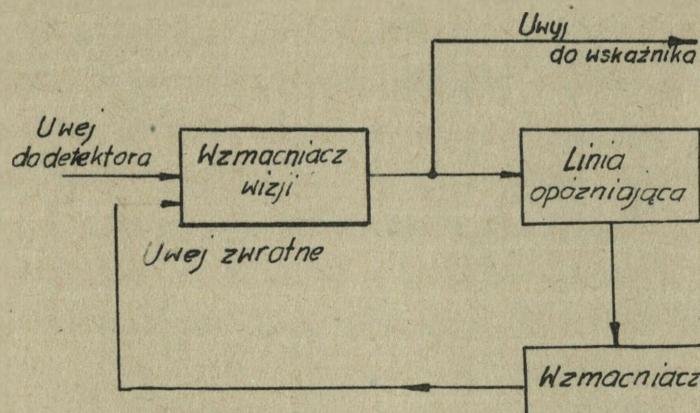
gęstości. Strumień elektronowy pierwszego działa tworzy na powierzchni płytki potencjałonośnej linię podstawy czasu wzdłuż której następuje sumowanie ładunków. Wielkości tych ładunków określa się wielkością sygnałów podawanych na siatkę potencjałoskopy z wyjścia odbiornika. W miejscach na linii podstawy czasu, gdzie przychodzą tylko sygnały zakłóceń szumowych następuje równomierne gromadzenie /sumowanie/ ładunków. Tam gdzie na linii podstawy czasu jednocześnie oddziałują sygnały zakłóceń i użyteczne, następuje większe nagromadzenie ładunków.

Gromadzenie ładunków na płycie potencjałonośnej wzdłuż linii podstawy czasu odbywa się w okresie kilku cykli pracy nadajnika. Rozładowanie /odczyt/ nagromadzonych ładunków następuje w okresie jednego cyklu. Rozładowanie to dokonywane jest przy pomocy strumienia elektronów dużej prędkości posiadającego stałą gęstość. Strumień ten wybija z płytki potencjałonośnej wtórne elektrony o ilości zależnej od uprzednio ukształtowanego potencjału. W rezultacie z oporności R podłączonej poprzez pojemność C do płytki potencjałonośnej, zdejmowane jest napięcie impulsów, amplituda których jest proporcjonalna do nagromadzonych ładunków w odpowiednich punktach płytki. Impulsy te są wzmacniane i podawane na wskaźnik stacji radiolokacyjnej.

Na ekranie wskaźnika na linii podstawy czasu, w miejscach odpowiadających większej ilości zsumowanych ładunków obserwuje się impulsy o większych amplitudach. Pozwala to odróżnić sygnały użyteczne na tle zakłóceń szumowych,

Druga metoda pozwalająca na wydzielenie sygnału użytecznego na tle zakłóceń szumowych wykorzystuje wzmacniacz z dodatnim sprzężeniem zwrotnym i linią opóźniającą. Zasada pracy tej metody polega na tym, że wzmacniacz wizji posiada różny współczynnik wzmocnienia dla sygnałów posiadających różne częstotliwości powtarzania. Dla sygnałów o określonej częstotliwości powtarzania impulsów F_p współczynnik wzmocnienia jest większy, niż dla sygnałów, których częstotliwość powtarzania impulsów różni się od niej. W związku z tym poprawia się stosunek sygnału użytecznego do zakłóceń na wyjściu wzmacniacza.

Jeden z układów wykorzystujących tę zasadę przedstawiony jest na rys. 33.



Rys. 33. Układ ze wzmacniaczem z dodatnią sprzężeniem zwrotnym i linią opóźniającą.

Sygnal z detektora podaje się na wzmacniacz wizji, a po wzmocnieniu na wskaźnik i linię opóźniającą, która opóźnia impulsy na okres powtarzania impulsów stacji radiolokacyjnej $T_p = \frac{1}{F_p}$

Z linii opóźniającej po wzmocnieniu sygnały powracają na wejście wzmacniacza wizji, gdzie sumują się z sygnałami podawanymi z detektora. Wówczas na wejściu wzmacniacza wizji równocześnie przychodzi dwa impulsy, impuls który przeszedł linię opóźniającą oraz impuls z wyjścia detektora. Oba impulsy przychodzi z częstotliwością powtarzania F_i . Sumując się na wejściu wzmacniacza wizji, na wyjściu jego otrzymany silniejszy sygnał niż z detektora. Dla sygnałów zakłóceń, których częstotliwość powtarzana jest różna od F_i wzmocnienie jest mniejsze ponieważ następuje ono bez wpływu dodatniego sprzężenia zwrotnego.

Na skutek tego sygnał użyteczny będzie lepiej widoczny na tle zakłóceń szumowych.

Technika przeciwdziałania zakłóceń nie ogranicza się do omówionych w skrypcie zagadnień. Poruszone w nim zostały najbardziej zasadnicze metody i układy. Nowa technika urządzeń zakłócających zmusza projektantów stacji radiolokacyjnych do stosowania coraz bardziej oryginalnych rozwiązań konstrukcyjnych.

Odbito 30 egz.

Egz. nr 1-30 bibli. tajna
Wyk. mjr PIATKOWSKI
Druk. K.I.
Nr. ks. LF 2033/WV

BIBLIOTEKA NAUKOWA ASG WP
Archiwum Izolacji Złoty Specjalnych
Nr ewid. _____

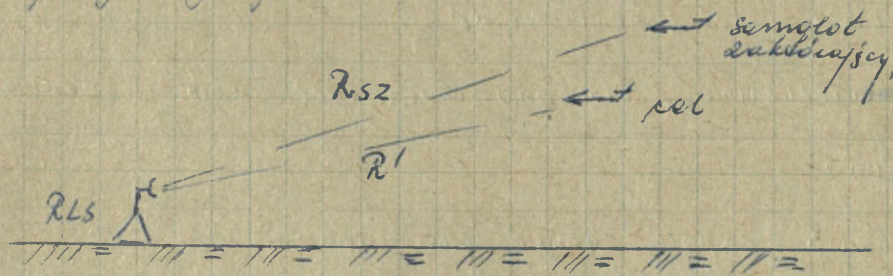
Odporność RLS na zakłócenie

Sprawa... 7-2654

Pod odpornością od zakłóceń RLS rozumiany jest zdolność, wykonywanie charakterystyki taktycznej technicznymi podzesłozami sterowanie bojowego nadawcy zakłóceń.

Oddziaływanie zakłóceń wyraża się w obniżeniu skomponowanej energii sygnału / summa na wyjściu odbiorczego urządzenia RLS. W związku z tym cel wykrywa się z zadanym prawdopodobieństwem na mniejszej odległości, lub wogóle może być nie wykryty.

Odporność na zakłócenie RLS w odległości, jej działanie określa się przy następujących zakłóceń:



Odległości wykrywania R' stacji podczas oddziaływania zakłóceń sumarycznej wystraszony przez samolot zakłócający, który nie jest ostrzeżonym obiektem wysłania.

$$R' = R \sqrt[4]{\frac{16\pi^2 R_{s2} P_{o\ min}}{g_m G_2 G_{RLS}(\varphi_2 \Theta_2) \Delta F N^2}}$$

- gdzie: R' - odległości wykrywania podczas oddziaływania zakłóceń
- R_{s2} - odległości od stacji RLS do nad. zakłóceń
- R - odległości wykrywania RLS bez sterowania zakłóceń
- G_2 - zysk kierunkowy anteny nad. zakłóceń
- $G_{RLS}(\varphi_2 \Theta_2)$ - zysk kierunkowy RLS w kierunku na nad. zakł.
- $P_{o\ min}$ - max. moc odbiorcza RLS W/Hz
- ΔF - pasmo przepuszczenia odbiorczej RLS
- g_m - zysk mocy sumacji nad. zakł. W/Hz

Jestli nadajnik zaklacen amajanje ty na osobnem
obiekcie to

$$R' = R^2 \sqrt{\frac{16 \pi^2 P_{\text{min}}}{g_m G_2 G_{\text{res max}} \Delta F \lambda^2}}$$

Pod vplyvom zaklacen odleglosi vykyvovani RLS
mus do toho stupne zmnizuje ty ze praktycami
mozne prysci ze jest so pelni zaklacenom.

Dlatego les stupne na stromy predpisvaci metody
technickej dle podmienok RLS pred zaklacenim je:

- prave staji so nashim zaklacenim existovanim
i vytkie jej prastrajenie
- stupne rozlozovadlov
- zmnizovanie litchois bocnych charakterystiky kierunkovej
anteny
- emiery expot. prvot impulsois
- emiery polodryeraji promienovanogo zyvna
- stovovane specialnyh odsajio moduly
- stovovane specialnyh obratki spracovuvania odebranyh impulsois
- stovovane ukhadio praviroaklacionovyer.

BIBLIOTEKA NARODNA ASG WP
Archiwum Dziala
Nr ewid. 639880