

Grey Scale #13



DANES-PICTA.COM

A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19



# AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO

IM. GENERAŁA BRONI  
KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

JAWNE

~~2-104/S~~

~~ZASTRZEŻONE~~  
~~REZERWA~~

Egz. Nr. 1

ASG WP wewn. 3610/81

Płk mgr inż. Kazimierz PATKOWSKI  
Ppłk mgr inż. Edmund SIKORSKI  
Kpt. mgr inż. Włodzimierz POLESKI

WYKORZYSTANIE  
ŚRODKÓW TECHNICZNYCH  
W POŁOWYCH SYSTEMACH ŁĄCZNOŚCI

Podręcznik

60232

WARSZAWA 1981





**AKADEMIA  
SZTABU GENERALNEGO**

IM. GENERAŁA BRONI  
KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

**JAWNE**

~~BIBLIOTEKA NIEZAPŁACONA~~  
~~1-104/S~~

~~ZASTRZEŻONE~~  
~~POWIERZANE~~  
Egz. Nr 1

ASG WP wewn. 3610/81

~~1202~~

Plk mgr Inż. Kazimierz PATKOWSKI  
Pplk mgr Inż. Edmund SIKORSKI  
Kpt. mgr Inż. Włodzimierz POLESKI

**WYKORZYSTANIE  
ŚRODKÓW TECHNICZNYCH  
W POŁOWYCH SYSTEMACH ŁĄCZNOŚCI**

Podręcznik

**60232**

WARSZAWA 1981

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP

WYDZIAŁ WOJSK LĄDOWYCH  
KATEDRA TAKTYKI WOJSK ŁĄCZNOŚCI

Przeklasyfikowana z ~~tajemna~~ na Jawne  
podstawa przekl. Wykaz Aktualnych Wojskowych  
Wydawnictw Wewnętrznych szt. gen. 1527/01

data i podpis 13.12.2005 Koles Anna

**JAWNE**  
**ZASTRZEŻONE**

ASG WP wewn. 3610/81

**POUFNE**

Przeklasyfikowana z ~~tajemne~~ na Jawne

podstawa przekl. Wykaz Aktualnych Wojskowych

Wydawnictw Wewnętrznych szt. gen. 1527/01

data i podpis 29.12.2005 Koles Anna

Str. nr ... 1

Płk mgr inż. Kazimierz PATKOWSKI

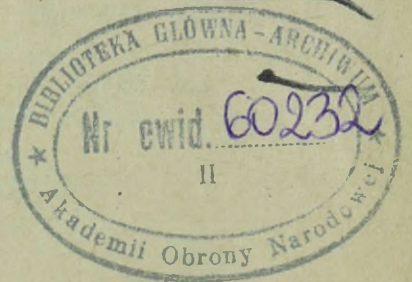
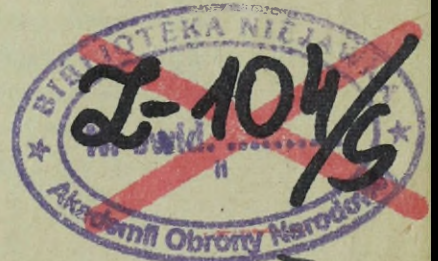
Płk mgr inż. Edmund SIKORSKI

Mjr mgr inż. Włodzimierz POLESKI



WYKORZYSTANIE ŚRODKÓW TECHNICZNYCH  
W POŁOWYCH SYSTEMACH ŁĄCZNOŚCI

Podręcznik



WARSZAWA

1981 r.

Pf 2169 v  
Pf 1036 v  
Pf

SPIS TREŚCI

	Strona
<del>WSTĘP</del> .....	7
<b>Rozdział 1</b>	
<b>STRUKTURA POŁOWYCH SYSTEMÓW ŁĄCZNOŚCI</b> .....	8
1.1. Ogólna charakterystyka polowego systemu łączności i jego elementów .....	8
1.2. Klasyfikacja środków i urządzeń łączności .....	14
1.3. Krótka charakterystyka podstawowych technicznych środków łączności wykorzystywanych w polowych systemach łączności ..	16
<b>Rozdział 2</b>	
<b>PLANOWANIE I PROJEKTOWANIE LINII RADIOWEJ</b> .....	19
2.1. Wstęp .....	19
2.2. Właściwości propagacyjne fal radioliniovych .....	20
2.3. Wstępny wybór trasy linii radiowej .....	27
2.4. Rekonesans trasy linii radiowej .....	29
2.5. Wykonywanie profili odcinków przelotowych .....	29
2.6. Obliczenia linii radiowej i ostateczne ustalenie miejsc roz- winięcia stacji radioliniovych .....	32
2.6.1. Wyznaczanie parametrów odcinka przelotowego .....	32
2.6.2. Ocena przydatności odcinka przelotowego do łączności w linii radiowej .....	35
2.7. Wyznaczenie azymutów dla poszczególnych stacji radiolinio- wych .....	44
2.8. Dobór fal roboczych .....	45
2.8.1. Zasady zapewnienia kompatybilności elektromagnetycz- nej pracy środków radioliniovych w strefie dalekiej.	45
2.8.2. Zasady zapewnienia kompatybilności elektromagnetycz- nej pracy środków radioliniovych w strefie bliskiej.	48
<b>Rozdział 3</b>	
<b>ZASADY WYKORZYSTANIA POŁOWYCH TELEFONICZNYCH I TELEGRAFICZNYCH ŚRODKÓW ŁĄCZNOŚCI</b> .....	53
3.1. Wstęp .....	53
3.2. Wymagania /kryteria/ techniczno-eksploatacyjne stawiane wojskowym łańcuchom telekomunikacyjnym .....	54
3.2.1. Wstęp .....	54
3.2.2. Wymagania /kryteria/ stawiane łączności telefonicznej ...	56

3.2.2.1. Szerokość pasma częstotliwości skutecznie przenoszonych .....	56
3.2.2.2. Wartość tłumienności wynikowej dla telefonicznych łańcuchów telekomunikacyjnych /rozkład tłumienności w polowych systemach łączności/ .....	59
3.2.2.3. Dopuszczalne zniekształcenia tłumieniowe .....	81
3.2.2.4. Dopuszczalne zniekształcenia opóźnieniowe .....	87
3.2.2.5. Dopuszczalne zniekształcenia nieliniarne .....	88
3.2.2.6. Dopuszczalne krótkotrwałe przerwy i zakłócenia impulsowe .....	90
3.2.2.7. Dopuszczalny odstęp sygnału od szumów .....	91
3.2.2.8. Bezpieczeństwo wiadomości niejawnych przekazywanych telefonicznie .....	92
3.2.3. Wymagania /kryteria/ stawiane łączności telegraficznej .....	95
3.2.3.1. Kod telegraficzny stosowany w armiach - państw członków Układu Warszawskiego .....	95
3.2.3.2. Kryterium przepustowości łączności telegraficznej alfabetycznej stosowanej w polowych systemach łączności .....	96
3.2.3.3. Bezpieczeństwo wiadomości niejawnych przekazywanych telegraficznie .....	100
3.2.3.4. Terminowość wiadomości przekazywanych telegraficznie .....	103
3.2.3.5. Zasięg łączności telegraficznej komutowanej .....	105
3.3. Zasady sprzęgania łączy telefonicznych w łańcuchy telekomunikacyjne .....	111
3.4. Zasady sprzęgania łączy telegraficznych w łańcuchy telekomunikacyjne .....	136
Rozdział 4	
ZASADY PLANOWANIA ROZDZIAŁU CZĘSTOTLIWOŚCI RADIOWYCH Z UWZGLĘDNIENIEM KOMPATYBILNOŚCI ELEKTROMAGNETYCZNEJ .....	152
4.1. Wstęp .....	152
4.2. Właściwości propagacji fal radiowych .....	153
4.2.1. Fala powierzchniowa .....	158
4.2.2. Fala przestrzenna .....	161
4.2.3. Fala typu ogólnego .....	161
4.2.4. Fala jonosferyczna .....	162
4.2.5. Fala troposferyczna .....	170

4.3. Zasady wyznaczania częstotliwości radiowych z punktu widzenia zapewnienia kompatybilności elektromagnetycznej ..	172
4.3.1. Wstęp .....	172
4.3.2. Sposób oceny odległości koordynacyjnych .....	176
4.3.3. Zasady stosowania koordynacji czasowej wykorzystania częstotliwości radiowych .....	182
4.3.4. Zasady zapewnienia kompatybilności pracy środków radiowych w strefie bliskiej - wyznaczanie odstępów częstotliwościowych .....	188
4.4. Ocena możliwości ochrony łączności radiowej przed zakłóceniami celowymi nieprzyjaciela w wyniku stosowania manewru częstotliwościami radiowymi .....	191
4.5. Planowanie rozdziału ultrakrótkofalowych częstotliwości radiowych w armii .....	194
4.6. Planowanie rozdziału krótkofalowych częstotliwości radiowych .....	209
4.7. Zwiększenie efektywności łączności radiowej w wyniku doskonalenia gospodarki falowej .....	216
4.7.1. Wstęp .....	216
4.7.2. Ocena techniczno-eksploatacyjna dopuszczalnej liczby krótkofalowych relacji radiowych organizowanych w armii	218
4.7.3. Ocena możliwości techniczno-eksploatacyjnych organizacji łączności ultrakrótkofalowej za pomocą stosowanych radiostacji małej mocy i perspektywicznych .....	219

Rozdział 5

WYKORZYSTANIE ANTEN W WOJSKOWYCH URZĄDZENIACH NADAWCZYCH

I ODBIORCZYCH .....	222
5.1. Wstęp .....	222
5.1.1. Urządzenia antenowe .....	222
5.1.2. Klasyfikacja anten .....	222
5.1.3. Powstawanie fali elektromagnetycznej .....	223
5.1.4. Energia pola elektromagnetycznego .....	225
5.2. Wybrane elementy z teorii anten .....	226
5.2.1. Charakterystyka promieniowania .....	226
5.2.2. Kierunkowość i zysk .....	227
5.2.3. Długość i powierzchnia skuteczna anteny .....	229
5.2.4. Wpływ ziemi na charakterystykę anteny .....	230
5.3. Anteny radiostacji krótkofalowych .....	232

5.3.1. Zagadnienia wstępne .....	232
5.3.2. Dipol symetryczny /poziomy/ .....	232
5.3.3. Antena typu "T" .....	235
5.3.4. Antena typu "V" .....	236
5.3.5. Antena prętowa .....	238
5.3.6. Antena "półromb pionowy" .....	240
5.3.7. Antena promieniowania pionowego /APP/ .....	241
5.3.8. Niesymetryczny vibrator objętościowy .....	243
5.3.9. Antena typu "skośny promień" .....	244
5.3.10. Antena "fali bieżącej" .....	245
5.4. Anteny zakresu UKF .....	246
5.4.1. Zagadnienia wstępne .....	246
5.4.2. Antena prętowa .....	247
5.4.3. Antena vibrator objętościowy .....	247
5.4.4. Antena "półromb pionowy" .....	247
5.4.5. Antena "fali bieżącej" .....	248
5.4.6. Antena typu "skośny promień" .....	248
5.4.7. Antena "Yagi" .....	248
5.4.8. Antena reflektorowa .....	253
5.4.8.1. Antena z reflektorem kątowym .....	253
5.4.8.2. Antena z reflektorem płaskim .....	255
5.4.8.3. Antena z reflektorem parabolicznym .....	257
5.4.9. Antena prętowa /radioliniowa/ .....	259
5.4.10. Antena cylindryczna /"granat"/ .....	260

ZALĄCZNIKI:

Nr 1 - Rodzina krzywych aproksymacyjnych do określania promienia krzywizny przeszkody terenowej .....	261
Nr 2 - Wykresy do określania współczynnika osłabienia na odciinkach tras zasłoniętych i na <u>wpół zasłoniętych</u> .....	262
Nr 3 - Tabela zajętości zakresu metrowego i decymetrowego ...	263
Nr 4 - Nomogram wyznaczania częstotliwości roboczych dla radiolinii R-404 .....	264
Nr 5 - Nomogram do wyznaczania numerów fal roboczych dla radiolinii R-409 .....	265
Nr 6 - Zabronione kombinacje fal roboczych nadajnika zakresu "M" i odbiornika zakresu "DCM" .....	267
Nr 7 - Wykorzystanie anteny dipol symetryczny w radiostacjach wojskowych .....	269

Nr 8 - Wykorzystanie anteny typu "T" w radiostacjach wojskowych .....	271
Nr 9 - Wykorzystanie anteny typu "V" w radiostacjach wojskowych .....	271
Nr 10 - Wykorzystanie anteny prętowej w radiostacjach, stacjach radioliniowych i radiotelefonach wojskowych .....	272
Nr 11 - Wykorzystanie anteny typu "półromb pionowy" w radiostacjach wojskowych .....	274
Nr 12 - Wykorzystanie anteny promieniowania pionowego /APP/ w radiostacjach wojskowych .....	274
Nr 13 - Wykorzystanie anteny niesymetrycznej wibrator objętościowy w radiostacjach wojskowych .....	275
Nr 14 - Wykorzystanie anteny typu "skośny promień" w radiostacjach wojskowych .....	275
Nr 15 - Wykorzystanie anteny fali bieżącej w radiostacjach wojskowych .....	276

## W S T Ę P

Dowodzenie wojskami na współczesnym polu walki może być realizowane różnymi sposobami tj.:

- poprzez styczność osobistą osób funkcyjnych;
- za pomocą dokumentów bojowych przesyłanych siłami i środkami wojskowej poczty polowej lub za pośrednictwem oficerów kierunkowych;
- za pomocą technicznych środków łączności; aktualnie metodami klasycznymi /w relacji człowiek - człowiek/, a w perspektywie dodatkowo metodami zautomatyzowanymi /w relacji człowiek - EMC i pomiędzy elektronicznymi ośrodkami obliczeniowymi różnych szczebli dowodzenia/.

Praktyka dowodzenia wojskami wykazuje, że tylko harmonijne wykorzystanie różnych sposobów dowodzenia umożliwia osiągnięcie pożądanej elastyczności oraz prawdopodobieństwa ciągłości dowodzenia.

W okresie planowania operacji i działań bojowych dominować może pierwszy sposób dowodzenia - poprzez styczność osobistą. W celu zachowania skrytości w okresie operacyjnego rozwijania wojsk szeroko będzie stosowany drugi sposób dowodzenia - za pomocą dokumentów bojowych. W toku prowadzenia operacji i działań bojowych dowodzenie wojskami może być zapewniane przede wszystkim za pomocą technicznych środków łączności: umożliwiając one przekazywanie wiadomości w trybie natychmiastowym na wymagane odległości, między osobami funkcyjnymi będącymi w ruchu lub na postoju, umożliwiając łączność z obiektami /osobami funkcyjnymi/ znajdującymi się na lądzie, w powietrzu i na morzu, w tym na terenie /obszarze/ zajęтым przez nieprzyjaciela lub niedostępnym /na przykład poza strefami skażeń, pożarów itp./.

Rozpatrując zakres wykorzystania różnych sposobów dowodzenia, należy stwierdzić, że dowodzenie za pomocą technicznych środków łączności spełnia pierwszoplanową rolę i w głównej mierze determinuje ciągłość dowodzenia wojskami.

Postęp w rozwoju techniki bojowej i metod prowadzenia działań spowodował, że systemom dowodzenia i łączności stawia się coraz wyższe wymagania, których spełnienie w dużej mierze zależy od właściwego wykorzystania i zastosowania coraz bardziej skomplikowanych i doskonalszych urządzeń i środków łączności.

W podręczniku przedstawiono zasady, możliwości i właściwości wykorzystania w polowych systemach łączności, ważniejszych technicznych urządzeń telekomunikacyjnych, których znajomość jest niezbędna szefowi/wojsk/ łączności pododdziału /oddziału, związku/ oraz oficerom łączności. Zawarty w nim materiał powinien stanowić obowiązkową literaturę słuchaczy kursów wojsk łączności ASG WP i w takim celu został opracowany.

## Rozdział 1

### STRUKTURA POLOWYCH SYSTEMÓW ŁĄCZNOŚCI

#### 1.1. Ogólna charakterystyka polowego systemu łączności i jego elementów

System łączności jest to zespół węzłów, stacji i linii łączności powiązanych ze sobą w odpowiednim porządku /kolejności/ i w określony sposób, odpowiadający organizacji dowodzenia wojskami, charakterowi działań bojowych oraz wykonywanym zadaniom<sup>1/</sup>.

W skład systemu łączności wchodzi więc następujące elementy:

- węzły łączności /elementy podstawowe/;
- stacje /samodzielne/;
- linie łączności.

Węzły łączności są podstawowym elementem systemu łączności. Stanowią one centralne ośrodki, od których rozchodzą się linie łączności do węzłów łączności przełożonego, podwładnych, współdziałających wojsk i samodzielnych stacji łączności. Stanowią one zespół sił i środków łączności rozwiniętych w określonym rejonie w celu zapewnienia łączności dowództwom i sztabom związków, oddziałów i pododdziałów.

Stosując kryterium miejsca rozwinięcia węzła łączności, można je podzielić na polowe i stacjonarne<sup>2/</sup>.

Polowe węzły łączności rozwija się w wyznaczonych rejonach tylko na ściśle określony okres czasu, w którym powinny zapewnić łączność z innymi węzłami łączności lub stacjami łączności.

W zależności od przeznaczenia polowe węzły łączności dzielimy na:

- węzły łączności punktów dowodzenia;
- pomocnicze węzły łączności /PWL/;

1/ Instrukcja łączności "Organizacja łączności w wojskach lądowych" - Łączn. 95/60. W innych wydawnictwach /np. Leksykon wiedzy wojskowej, Wyd. MON, Warszawa 1979/ podaje się inne definicje systemu łączności. Podstawowa różnica między nimi a definicją zamieszczoną w "Instrukcji łączności" polega na tym, że nie traktują one linii łączności jako części składowej systemu łączności, lecz jako jeden z elementów powiązań wewnątrzstrukturalnych.

2/ Ponieważ tytuł podręcznika ogranicza jego obszar tematyczny tylko do polowych systemów łączności, pominięto w nim charakterystykę stacjonarnych węzłów łączności. Klasyfikację i strukturę stacjonarnych węzłów łączności szeroko przedstawia skrypt pt.: "Organizacja łączności okręgu wojskowego w okresie pokoju i wojny", Wyd. ASG WP, Warszawa 1977 /sygn. 0519/.

- podstawowe węzły sieciowe /PWS/;
- wojskowe węzły pocztowe /WWP/.

Węzły łączności punktów dowodzenia zapewniają łączność dowództwom, sztabom znajdującym się na danym punkcie dowodzenia.

W zależności od szerebla punktu dowodzenia przy jakim są one rozwijane można podzielić je na węzły łączności szerebli operacyjnych i taktycznych. Natomiast ze względu na czasokres ich eksploatacji w działaniach bojowych dzielimy je na węzły łączności stałych punktów dowodzenia, np.: WL SD, WL KSD, WL ZSD /na szereblach taktycznych organizowany w działaniach obronnych/ i WL WSD /na szereblach taktycznych w natarciu/ oraz węzły łączności punktów dowodzenia organizowanych doraźnie, np.: WL WSD /na szereblach operacyjnych i taktycznych w obronie/, WL PSD /na szereblach operacyjnych/ i powietrzny element dowodzenia /RED/.

Pomocnicze węzły łączności organizuje się dla wzmocnienia systemu łączności, zwiększenia jego manewrowości i uzyskania określonych relacji łączności lub w celu zapewnienia łączności dowództwom i sztabom związków z działającymi w znacznych odległościach dowództwami i sztabami przełożonych, podległych i współdziałających związków /oddziałów, pododdziałów/. Pomocnicze węzły łączności rozwijane są z zasady w rejonach, gdzie występuje rozgałęzienie linii łączności lub też ich krzyżowanie się.

Podstawowe węzły sieciowe /PWS/ są podstawowymi elementami przestrzennego systemu łączności /sieciowego/. Organizowane są w miejscach krzyżowania się osi i rękad. Do nich podłączają się węzły łączności punktów dowodzenia.

Wojskowe węzły pocztowe /WWP/ organizuje się na szereblach operacyjnych i są oddzielnym elementem systemu łączności. Rozwijane są w celu organizacji dostarczania poczty tajnej i jawnej do sztabu przełożonego, podległych i współdziałających związków /oddziałów, pododdziałów/. Mogą być z nich wydzielane punkty wymiany poczty polowej. Na szereblach taktycznych oraz w ramach węzłów łączności punktów dowodzenia szerebli operacyjnych organizuje się wojskowe stacje pocztowe i punkty wymiany poczty polowej.

Do stacji łączności zaliczamy samodzielnie występujące w terenie, a działające w ramach systemu łączności stacje i aparatownie, np.:

- radiostacje rozwinięte na punktach obserwacyjnych /PO/;
- radiostacje patroli rozpoznawczych /PR/ i samodzielnych patroli rozpoznawczych /SPR/;
- radiostacje posterunków regulacji ruchu /PRR/;

- radiostacje grup specjalnych /GS/;
- stacje radioliniowe lub aparatownie rozwijane przy garnizonowych węzłach łączności /GWL/ lub węzłach /stacjach/ resortu łączności /ML/ i powiązane ze stacjonarnym systemem łączności;
- stacje pośrednie /retranslacyjne/ w liniach łączności.

Linie łączności to drogi, poprzez które realizuje się proces przekazu wiadomości pomiędzy węzłami łączności, stacjami łączności w ramach zorganizowanego systemu łączności w celu obsługi jego użytkowników. W wojskowym systemie łączności wyróżniamy następujące linie łączności:

- sieci i kierunki radiowe;
- osie /rokady/ i kierunki radioliniowe;
- osie /rokady/ i kierunki przewodowe;
- osie, kierunki i drogi okrężne wojskowej poczty polowej.

W trzech pierwszych wypadkach do budowy linii łączności wykorzystywane są teletransmisyjne systemy torowe i beztorowe, w których informacja przesyłana jest za pomocą sygnałów elektrycznych. Urządzenia i środki łączności służące do ich budowy lub współpracujące z nimi przyjęto nazywać technicznymi. Natomiast osie, kierunki i drogi okrężne wojskowej poczty polowej to ustalone połączenia lądowe, powietrzne i wodne, po których poruszają się środki wojskowej poczty polowej.

Szczególną rolę we współczesnych systemach łączności spełniają techniczne środki łączności. Przy ich pomocy przekazywana jest większość informacji w procesie dowodzenia wojskami na współczesnym polu walki. Podstawową ich zaletą - w porównaniu z innymi środkami łączności - jest duża szybkość przekazu informacji, pozwalająca dowódcy prawie natychmiast zareagować /powziąć decyzję, zamiar/ na zmiany sytuacji pola walki.

Wraz z doskonaleniem się środków walki, wprowadzaniem nowych metod i sposobów dowodzenia wojskami wzrastały i zmieniały się wymagania stawiane systemom łączności. Burzliwy rozwój techniki powodował również powstawanie nowoczesnych środków i urządzeń łączności. Wprowadzało to ciągłe zmiany w sposobach zastosowania i wykorzystania technicznych środków łączności w wojskowych systemach łączności. Ze względu na nie możemy wyróżnić autonomiczne, kompleksowe i zintegrowane systemy łączności.

Autonomiczne systemy łączności charakteryzują się selektywnym stosowaniem poszczególnych środków łączności oraz wykorzystaniem do przesyłania wiadomości różnych sygnałów, zarówno analogowych, jak i dyskret-

nych<sup>3/</sup>. Stosowane były w okresie II wojny światowej oraz w początkowych latach powojennych. Przeważała w nich małokanałowa przewodowa łączność telefoniczna i telegraficzna /w większości po torach fizycznych bez zwielokrotnienia/ oraz radiowa - przede wszystkim słuchowa i foniczna.

Kompleksowe systemy łączności charakteryzują się występowaniem - pomiędzy poszczególnymi środkami łączności eksploatowanymi w ramach danego węzła łączności - połączeń elektrycznych, dzięki którym zapewnia się łączność nie tylko dowódcom i sztabom, ale również szefom rodzajów wojsk i służb. Pojawiły się one w końcu lat pięćdziesiątych w związku z upancerzeniem i zmechanizowaniem wojsk, wprowadzeniem do ich uzbrojenia broni raketowo-jądrowej, nowoczesnych samolotów itp., co spowodowało, że rosły wymagania szczególnie dotyczące zwiększenia ich przepustowości.

Wykorzystywane są one do chwili obecnej. Bazując na wielokanałowych torach radioliniowych i przewodowych, eksploatowanych na wyższych szczeblach dowodzenia, nazywanych również "siecią pierwotną", organizuje się odpowiednio do potrzeb tak zwane "sieci wtórne", a mianowicie:

- telefoniczne sieci jawne i utajnione;
- telefoniczne łącza bezpośrednio wydzielone do dyspozycji ściśle określonych osób funkcyjnych /oficerów kierunkowych, szefów WRiA, szefów OPL, itp./;
- telegraficzne sieci jawne i utajnione;
- sieci transmisji danych.

W wykorzystywanych obecnie kompleksowych systemach łączności przekazywanie wiadomości realizowane jest głównie w układzie "człowiek-człowiek" i tylko w nieznacznym stopniu - w układzie "człowiek - maszyna"<sup>4/</sup>. Ponieważ podstawowym rodzajem łączności w relacji "człowiek-człowiek" jest łączność telefoniczna, dlatego też w systemach tych dominuje teletransmisja analogowa /wykorzystująca do przekazu wiadomości sygnał analogowy/.

Natomiast konieczne do przesłania sygnały dyskretne /wytworzone przez dalekopisy i maszyny cyfrowe/ przekształca się w specjalnych

3/ Sygnał analogowy - ciągły, ściśle odtwarzający /z dowolnie dużą dokładnością/ stany znamionowe generatora informacji; sygnał dyskretny - odtwarzający sygnał generatora informacji z ograniczoną dokładnością, posiadający postać impulsów cyfrowych.

4/ Przez pojęcie "maszyna" należy rozumieć nie tylko EMC, ale także automatyczne odbiorniki i nadajniki.

urządzeniach na sygnały analogowe - w wyniku zastosowania binarnej manipulacji częstotliwości - i transmituje w analogowych kanałach łączności.

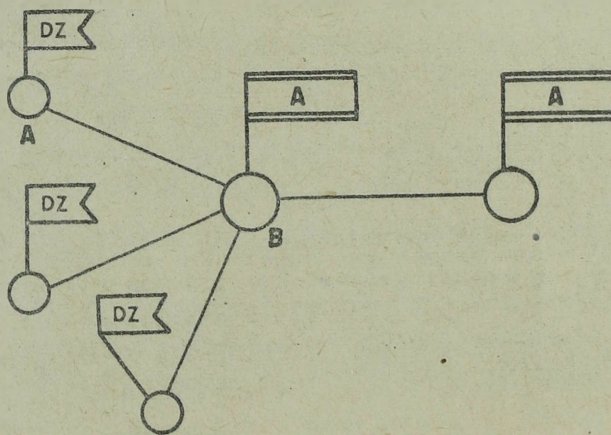
Zintegrowane systemy łączności /perspektywicznie/ - charakteryzować się będą integracją techniki /transmisja sygnałów cyfrowych/ i usług /wspólne centra komutacyjne dla ruchu telefonicznego, telegraficznego, transmisji danych itp./. Zapewniają przejście od tradycyjnych do zautomatyzowanych systemów dowodzenia. Dzięki nim system łączności osiągnie bardzo wysokie parametry, a mianowicie:

- niezawodność rzędu  $k = 0,95$  i więcej;
- szybkość transmisji informacji rzędu 2 Mbit/s;
- wierność transmisji informacji rzędu od  $10^{-8}$  do  $10^{-9}$ ;
- skrytość wszystkich relacji łączności z dużą mocą kryptograficzną;
- automatyczną realizację procesów komutacyjnych z możliwością zapewnienia szeregu priorytetów łączeniowych;
- możliwość komutacji łączy i wiadomości.

Ze względu na budowę systemów łączności możemy wyróżnić trzy rodzaje ich struktur, a mianowicie:

- strukturę połączeń bezpośrednich, zwaną również "gwiazdzistą";
- strukturę przestrzenną, zwaną siecią, oczkową, kratą, a najczęściej osiowo-rokadową;
- strukturę mieszaną, zwaną również "kombinowaną".

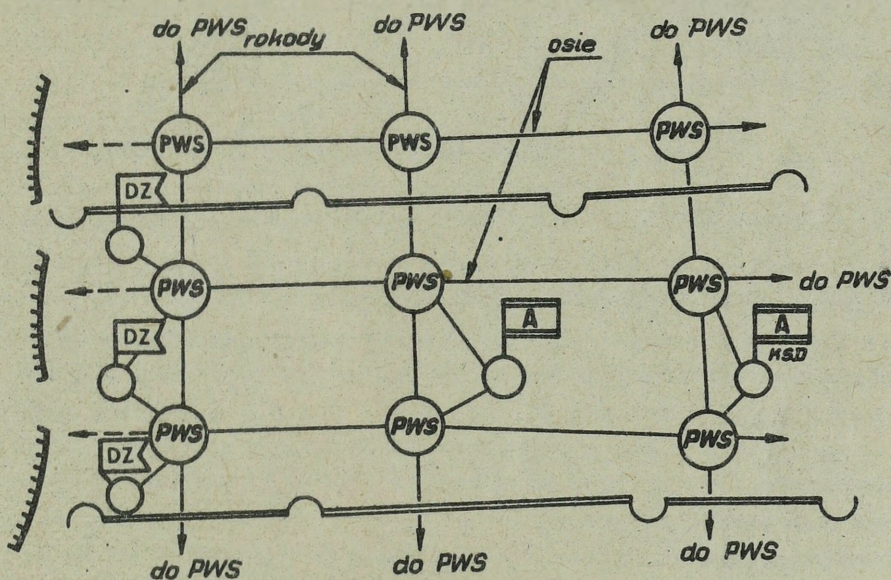
Struktura połączeń bezpośrednich charakteryzuje się występowaniem między węzłem łączności przełożonego /głównym węzłem łączności/ a węzłami łączności podwładnych /współdziałających/ bezpośrednich linii łączności /rys. 1.1/.



Rys. 1.1. System łączności o strukturze połączeń bezpośrednich

System taki, choć prosty w realizacji /również niskie koszty ekonomiczne/, posiada podstawową wadę polegającą na tym, że praktycznie przestaje on istnieć w wypadku zniszczenia lub uszkodzenia węzła głównego /A/. Inną jego wadą to niemożność uzyskania łączności inną drogą z węzła łączności A z węzłami łączności B w wypadku zniszczenia lub uszkodzenia linii łączności A-B.

Struktura przestrzenna /osiowo-rokadowa/ charakteryzuje się tym, że podstawowym jej elementem są dwa rodzaje linii łączności, tzn. osie /linie dofrontowe/ i rokady /linie łączności rozwijane wzdłuż frontu/. W miejscach krzyżowania się osi i rokad organizowane są podstawowe węzły sieciowe, do których podłączają się węzły łączności punktów dowodzenia /rys. 1.2/.

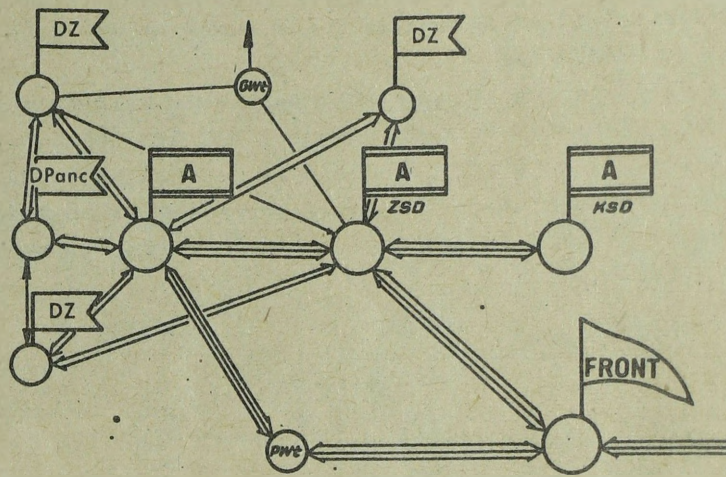


Rys. 1.2. Struktura przestrzenna systemu łączności

Struktura ta gwarantuje wysoką niezawodność systemu łączności, ponieważ w wypadku zniszczenia węzła lub linii łączności zapewnia szereg określonych relacji łączności dożądanego korespondenta.

Na obecnym etapie wykorzystywania kompleksowych systemów łączności jest to jednak, po pierwsze, struktura nieekonomiczna /angażująca ogromną ilość sił i środków łączności/, po drugie - ograniczająca znacznie liczbę łączy ze względu na ręczną komutację kanałów. Jej stosowanie związane jest z koniecznością przejścia na zintegrowane systemy łączności.

W związku z tym kompleksowe systemy łączności wykorzystują szeroko tzw. mieszaną strukturę /rys. 1.3/, która łączy cechy obu przedstawionych powyżej.



Rys. 1.3. Fragment systemu łączności o strukturze mieszanej /wariant/

### 1.2. Klasyfikacja środków i urządzeń łączności

Polowe systemy łączności rozwija się wykorzystując różnorodne środki łączności, które - biorąc pod uwagę postać przekazywanej przy ich pomocy informacji - dzielimy na:

- techniczne;
- wojskowej poczty polowej;
- sygnalizacyjne.

Do technicznych środków łączności zaliczamy środki telekomunikacyjne, tzn. te, które umożliwiają przesyłanie informacji na odległość za pomocą sygnałów elektrycznych, np.: radiostacje, stacje radioliniowe, radiotelefony, kabel.

Do środków wojskowej poczty polowej zaliczamy te środki, które wykorzystywane są do przesyłania /przewozu/ poczty tajnej i jawnej drogą lądową, powietrzną i wodną. Mogą nimi być: samochody, transportery opancerzone, samoloty, śmigłowce, kutry itp.

Do sygnalizacyjnych środków łączności zalicza się środki, które wykorzystują - w celu przesłania informacji - sygnały dźwiękowe, świetlne i optyczne, np.: syreny, gongi, chorągiewki, wskaźniki, rakiety sygnałowe,

poolski smugowe, reflektory, latarki.

Stosując kryterium czynności wykonywanej w systemie łączności, urządzenia technicznych środków łączności możemy podzielić na następujące grupy:

- teletransmisyjne, umożliwiające przesłanie informacji na odległość;
- telekomutacyjne /komutacyjne, łączeniowe/, dokonujące połączeń i rozłączeń abonentów danego systemu łączności; w wojskowych systemach łączności wykorzystywane są łącznice dokonujące połączeń ręcznie lub automatycznie;
- przetwórcze /końcowe/, dokonujące przekształcenia informacji ze źródła informacji /mowa, znaki pisma, obraz itp./ na sygnał elektryczny i odwrotnie;
- urządzenia specjalne, np. utajniające, transmisji danych itp.;
- urządzenia pomocnicze i specjalne, jak np. urządzenia sygnalizacyjno-kontrolne i pomiarowe, urządzenia automatyzujące proces nawiązywania łączności.

Urządzenia teletransmisyjne możemy z kolei podzielić na:

- torowe;
- i beztorowe.

Teletransmisyjne urządzenia torowe wykorzystują do przesyłania przebiegów elektrycznych ściśle określoną drogę /przestrzeń/, w której da się zawrzeć, praktycznie biorąc, całą ich energia. Dzielimy je z kolei na przewodowe i bezprzewodowe /radioliniowe, falowodowe, laserowe, światłowodowe itp./.

Teletransmisyjne urządzenia beztorowe to urządzenia radiowe, dla których trudno wyodrębnić ściśle ograniczoną przestrzeń, zawierającą energię przesyłanego sygnału.

Ze względu na kryterium wykorzystywanego toru<sup>5/</sup> techniczne środki łączności można podzielić na:

- radiowe /radiostacje/;
- radiotelefoniczne /radiotelefony/;
- przewodowe /kable teletechniczne, aparatownie telefonii i telegrafii wielokrotnej/.
- radioliniowe /stacje radioliniowe/.

5/ Tor telekomunikacyjny - jest to droga utworzona do przesyłania energii elektrycznej dla celów przekazania wiadomości na odległość.

### 1.3. Krótką charakterystyka podstawowych technicznych środków łączności wykorzystywanych w polowych systemach łączności

Podstawowymi środkami łączności polowych systemów łączności są:

- środki radiowe;
- środki radiotelefoniczne;
- środki radioliniowe;
- środki przewodowe.

Środki radiowe, w zależności od realizowanych przez nie czynności w systemie łączności, możemy podzielić na trzy grupy:

- nadawcze;
- odbiorcze;
- i nadawczo-odbiorcze.

W zależności od wykorzystywanego przez nie zakresu częstotliwości zaliczamy je do środków radiowych krótkofalowych /od 1 do 30 MHz/ i ultrakrótkofalowych /od 30 do 60 MHz/, a w zależności od mocy nadajnika - małej mocy /do 100 W/, średniej mocy /100 W do 1000 W/ i dużej mocy /powyżej 1 kW/.

Dla poszczególnych rodzajów propagacji fal radiowych można przy ich pomocy uzyskać następujące wielkości zasięgów łączności:

- fala powierzchniowa UKF - do 30 km;
- fala powierzchniowa KF - do 100 km;
- fala przyziemna typu ogólnego UKF - do 80 km;
- fala jonosferyczna KF - do kilku tysięcy kilometrów;
- fala troposferyczna UKF - do 150 km i więcej.

Środki radiotelefoniczne umożliwiają sprzężenie środków łączności pracujących w ruchu i na postoju. Montowane są w stacjach, aparatowniach, wozach dowodzenia wykorzystywanych do pracy w ruchu /radiotelefony abonenckie/ oraz obiektach pracujących na postoju /radiotelefony bazowe/. Zasięg łączności uzyskiwany za pomocą radiotelefonów w średnio pofalowanym terenie może wynosić:

- pomiędzy radiotelefonami abonenckimi w ruchu - do 15 km;
- pomiędzy radiotelefonem abonenckim w ruchu i radiotelefonem bazowym - do 30 km;
- pomiędzy radiotelefonami bazowymi - do 50 km zasięg ten można zwiększyć ok. 80 km, stosując retranslację.

Środki radioliniowe obejmują radiolinie horyzontalne i pozahoryzontalne /troposferyczne/. W polowych systemach łączności wykorzystywane są do chwili obecnej jedynie radiolinie horyzontalne, których zasięg ograniczo-

ny jest tzw. horyzontem radiowym. Określa się go ze wzoru:

$$d_r = 4,12 / \sqrt{h_1} + \sqrt{h_2} / \quad /km/$$

gdzie:  $d_r$  - wielkość horyzontu radiowego;

$h_1$  i  $h_2$  - wysokość zawieszenia anten obu stacji radioliniowych w metrach.

Zasięg łączności zależy przede wszystkim od ukształtowania i pokrycia terenu. W celu zwiększenia zasięgu łączności radioliniowej stosuje się radiolinie pośrednie /retranslacyjno/, na których może następować "odgałęzienie" części kanałów łączności - wówczas nazywamy je "węzłowymi".

Radiolinie horyzontalne dzielimy na:

- taktyczne, umożliwiające łączność na trasie o długości 120-150 km /3 stacje pośrednie/ w maksymalnie 6 łączach telefonicznych;
- operacyjno-taktyczne, zapewniające łączność na trasie o długości do 250 km /6-8 stacji pośrednich/ w maksymalnie 6-12 łączach telefonicznych;
- operacyjne, zapewniające łączność na trasie o długości do 1000 km /do 20 stacji pośrednich/ w trakcie umożliwiającym zestawienie powyżej 12 łączy telefonicznych.

Środki przewodowe w zależności od parametrów przewodowych linii łączności zapewniają zasięg łączności w granicach:

a/ na torach macierzystych:

- za pomocą napowietrznych linii łączności z brązu - na odległość do 200 km;
- za pomocą napowietrznych linii łączności ze stali - na odległość do 100 km;
- za pomocą linii kablowych - na odległość 20-50 km;

b/ na torach kablowych wielokrotnieniowych ze wzmacniakami - na odległość do 500 km.

Niektóre dodatnie i ujemne pozostałe parametry poszczególnych środków łączności przedstawia poniższa tabela:

Lp.	Kryteria oceny	Środki radiowe i radiotelefoniczne	Środki radioliniowe	Środki przewodowe
1	Odporność na oddziaływanie radioelektroniczne nieprzyjaciela /przechwytywanie wiadomości, namierzanie, zakłócanie/	niska	niska	wysoka
2	Czas rozwijania i nawiązywania łączności	mały	relatywnie mały	duży
3	Możliwość wykorzystania łączności	1/ na postoju i w ruchu; 2/ z obiektami na lądzie, wodzie i powietrzu; 3/ przez teren niedostępny lub zajęty przez przeciwnika	1/ na postoju; 2/ z obiektami znajdującymi się na lądzie; 3/ częściowo poprzez teren niedostępny	1/ na postoju; 2/ z obiektami znajdującymi się na lądzie
4	Zakres wykorzystania łączności	w manewrowych formach działań bojowych	w manewrowych formach działań bojowych	w formach działań o względnej statyczności

## Rozdział 2

### PLANOWANIE I PROJEKTOWANIE LINII RADIOWEJ

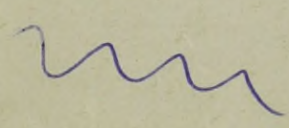
#### 2.1. Wstęp

Stosunek sygnału do szumów na końcach radioliniowych łączy telefonicznych zależy od poziomu sygnału b.w.cz. na wejściach wszystkich odbiorników danej linii radiowej. Przy stałych parametrach aparatury radioliniowej /moc nadajnika, współczynnik szumów, czułość odbiornika/ poziom sygnału b.w.cz. na wejściu odbiornika zależy z kolei od konkretnych warunków propagacji fal radiowych na trasie danego odcinka przelotowego. Przy niedoskonałym lub orientacyjnym określeniu trasy linii radiowej mogą wystąpić, na skutek zmiany warunków propagacyjnych /refrakcja, interferencja/, wahania sygnału b.w.cz. na wejściu odbiornika, co z kolei wpłynie na zmiany stosunku sygnału do szumów na wyjściu kanału telefonicznego.

Psufometryczna moc zakłóceń szumowych /wszelkiego typu/ według norm CCITT nie może przekroczyć na wyjściu kanału telefonicznego 10000 pW. Jest oczywiste, że przy słabej słyszalności, a więc przy małym poziomie sygnału, nawet stosunkowo słabe szумы będą utrudniały prowadzenie rozmowy i jeżeli jeszcze w wypadku rozmowy telefonicznej jawnej zrozumiałość mowy będzie wystarczająca do przekazania informacji, to uniemożliwią one całkowicie łączność utajnioną i telegraficzną.

Dla telefonii orientacyjnie można podać, że odstępów od zakłóceń rzędu 1 + 2 Np /8,7 + 17,4 dB/ należy uznać za niewystarczające, rzędu 3 + 4 Np /26,1 + 34,8/ za wystarczające, a rzędu 5 + 6 Np /43,5 + 52,2 dB/ za bardzo dobre. Najczęściej przyjmowane są jako minimalne wartości 3 - 4 - 5 Np /25 - 35 - 45 dB/. Odpowiada to stosunkowi napięć sygnału do szumu około 20 - 55 - 150.

Spełnienie wyżej podanych warunków zależy od właściwego wyboru trasy linii radiowej i rozmieszczenia stacji radioliniowych w terenie. Odpowiednie zaprojektowanie linii radiowej jest bardzo ważnym elementem planowania systemu łączności radioliniowej. Orientacyjne określenie trasy linii radiowej, wystarczające jeszcze dla zakresu metrowego stacji radioliniowej R-405, jest niewskazane dla innych typów stacji /R-409 M, R-404 M/, albowiem w większości wypadków prowadzi do niewłaściwego wyboru trasy linii, a więc do złej jakości i niestabilnej pracy łączności radioliniowej.



Dobra praca linii radiowej zależy więc od:

- właściwego zaplanowania jej przebiegu oraz ustalenia liczby i rodzajów stacji;

- prawidłowego zaprojektowania linii radiowej w aspekcie ustalenia geometrycznych profili poszczególnych odcinków trasy, ustalenia wysokości zawieszenia anten, doboru aparatury, częstotliwości roboczych itd.

Obydwa te czynniki są ściśle ze sobą związane, a czynności - w ich ramach ujęte - wzajemnie się przeplatają. Dlatego też w dalszych rozważaniach przyjęto dla nich wspólne określenie, tzn. planowanie linii radiowej.

W procesie planowania linii radiowej można wyróżnić następujące etapy:

- wstępny wybór trasy linii radiowej;
- przeprowadzenie rekonesansu trasy linii radiowej;
- wykonanie przekrojów terenu poszczególnych odcinków trasy linii radiowej;
- obliczenia linii radiowej i ostateczne ustalenie miejsca rozmieszczenia stacji radioliniowych;
- wyznaczenie azymutów dla poszczególnych stacji;
- wyznaczenie częstotliwości roboczych dla poszczególnych stacji rozwiniętych na jednym węźle łączności oraz dla poszczególnych odcinków linii radiowej.

## 2.2. Właściwości propagacyjne fal radioliniowych

Radioliniowe środki łączności wykorzystywane w polowych systemach łączności pracują w zakresie fal metrowych i decymetrowych /60 MHz + 2 GHz/. Charakterystyczną cechą rozchodzenia się tych fal jest ograniczenie ich zasięgu do tzw. bezpośredniej widoczności, który jest uwarunkowany tłumieniem fali w wolnej przestrzeni. Zasięg ten nazywamy zasięgiem optycznym /d/. Zależy on od promienia Ziemi i wysokości zawieszenia anten. Graficznie zależność tę ilustruje rysunek 2.1.

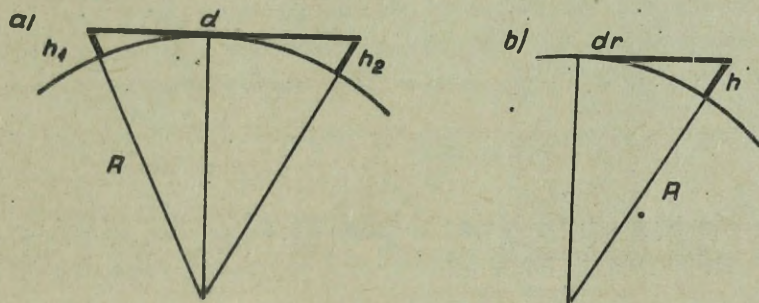
Wielkość zasięgu optycznego /horyzontu geometrycznego/ można wyrazić następującym wzorem:

$$d = 3,57 / \sqrt{h_1} + \sqrt{h_2} / \quad \text{/km/}$$

gdzie:  $h_1$  i  $h_2$  - wysokości anten w metrach.

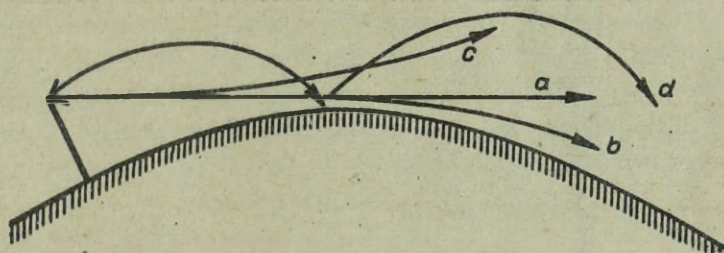
Na skutek zjawiska refrakcji troposferycznej /załamywanie się fali/ zasięg radiowy /dr/ jest praktycznie większy od optycznego i wyraża się następującym wzorem:

$$dr = 4,12 / \sqrt{h_1} + \sqrt{h_2} / \quad \text{/km/}$$



Rys. 2.1. Zasięg optyczny: a/ między antenami; b/ między anteną a horyzontem

Wpływ refrakcji na rozchodzenie się fal zakresu UKF przedstawia rysunek 2.2.



Rys. 2.2. Linie rozchodzenia się fal przy różnych rodzajach refrakcji: a/ refrakcja nie występuje; b/ refrakcja dodatnia; c/ refrakcja ujemna; d/ superrefrakcja

W naszych warunkach wykorzystywane jest zjawisko refrakcji dodatniej /b/, które odpowiada zjawisku pozornego zwiększenia się promienia Ziemi /przyjmujemy, że fale rozchodzą się po liniach prostych/. Ten zwiększony promień Ziemi nazywamy promieniem zastępczym  $R_z$ , który dla przyjmowanej u nas atmosfery standardowej wynosi:

$$R_z = 4/3 R = 4/3 \cdot 6370 \text{ km} = 8500 \text{ km}$$

Łączność radioliniową wykorzystującą zjawiska refrakcji /zasięg ograniczony horyzontem radiowym/, obecnie szeroko wykorzystywaną w wojsku, nazywamy łącznością horyzontową. W łączności radioliniowej wykorzystywane jest również zjawisko rozproszenia w troposferze /przewidywane wykorzystanie w siłach zbrojnych/; łączność taką nazywamy pozahoryzontową /nie omawiana w tym rozdziale/.

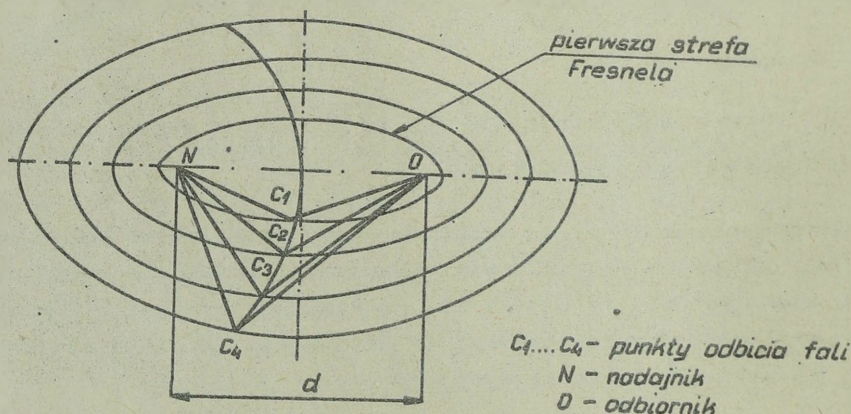
W warunkach rzeczywistych fale radiowe nie rozchodzą się w wolnej przestrzeni. Ponieważ anteny umieszczone są na niewielkich wysokościach nad Ziemią, napotykają one na swej drodze - oprócz atmosfery - powierzchnię Ziemi wraz z jej pokryciem i infrastrukturą. Powoduje to określone osłabienie natężenia pola elektromagnetycznego w punkcie odbioru, którego wielkość określa się przy pomocy tzw. współczynnika osłabienia sygnału  $V$ .

$$V = \frac{E}{E_0}$$

gdzie:  $E$  - natężenie pola elektrycznego w warunkach rzeczywistych;  
 $E_0$  - natężenie pola elektrycznego w wolnej przestrzeni.

Rozpatrując optyczny model propagacji fal radiowych oraz zakładając prostoliniowe rozchodzenie się fal bezpośrednich i odbitych /rys. 2.3./, dochodzimy do wniosku, że natężenie pola elektromagnetycznego w punkcie odbioru jest wypadkową sumy pola elektromagnetycznego fali bezpośredniej i fal odbitych.

Z punktu widzenia poziomu sygnału w punkcie odbioru interesują nas tylko fale odbite docierające do tego punktu. W zależności od kątów fazowych /fazy/ fal odbitych w stosunku do kąta fazowego /fazy/ fali bezpośredniej natężenie pola elektromagnetycznego w punkcie odbioru może osiągnąć wartość większą lub mniejszą od natężenia fali bezpośredniej.



Rys. 2.3. Strefy Fresnela w płaszczyźnie osi NO

Ważne więc, ze względu na natężenie pola wypadkowego, są fale odbite, których droga przejścia będzie większa o  $1/2 \lambda$ ,  $1 \lambda$ ,  $3/2 \lambda$  itd. od drogi /NO/ fali bezpośredniej /różnica faz wynosi  $180^\circ$ ,  $360^\circ$  ... itd./.

Geometrycznym zbiorem punktów odbicia tych fal będą powierzchnie elipsoid-

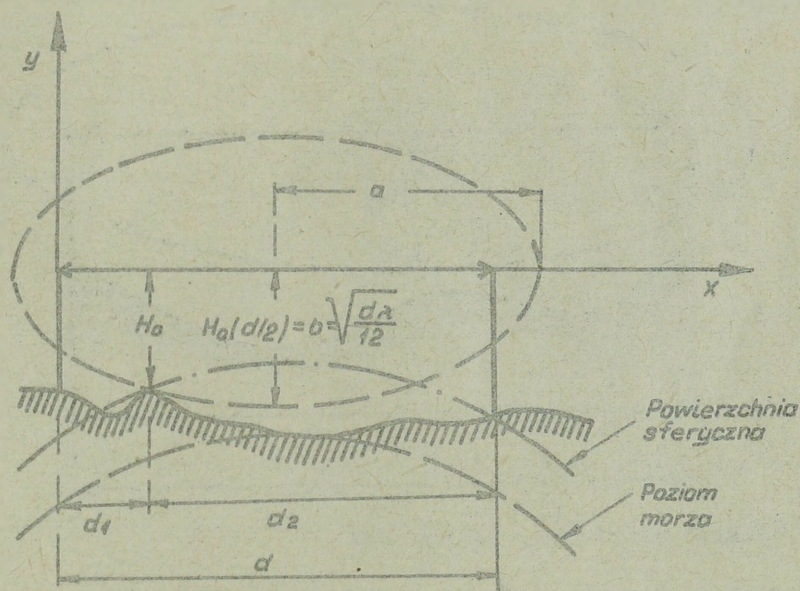
dalne /patrz powyższy rysunek/ zwane strefami Fresnela.

W obszarze pierwszej strefy Fresnela przenoszona jest największa część mocy emitowanego sygnału b.w.cz., w związku z czym należy dążyć - podczas projektowania trasy linii radiowej - do spełnienia warunku, aby była ona wolna /tzn. nie występowały w niej przeszkody terenowe/.

W praktyce przyjmuje się, że natężenie pola elektromagnetycznego w punkcie odbioru powinno być równe natężeniu pola przy propagacji fali w wolnej przestrzeni, tzn.:

$$V = \frac{E}{E_0} = 1$$

Warunek ten jest spełniony, gdy różnica dróg fali bezpośredniej i odbitej  $\Delta d$  wynosi  $\lambda/6$ . Geometrycznym miejscem punktów odbicia, spełniających ten warunek, jest powierzchnia elipsoidalna, która ogranicza wewnątrz przestrzeń zwaną pierwszą półstrefą Fresnela - /rys. 2.4./.



Rys. 2.4. Określenie wielkości prześwitu na odcinku przelotowym

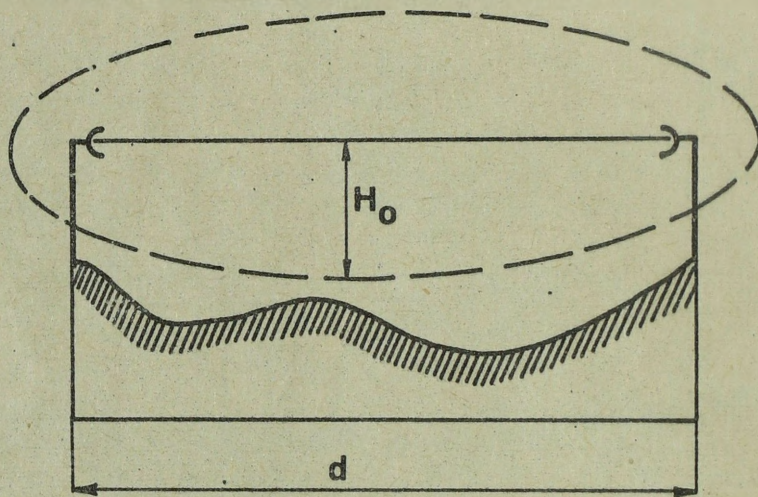
Powierzchnia elipsy przedstawionej na rysunku wyznacza wysokość  $H_0$  zwaną minimalnym prześwitem krytycznym. Gdy prześwit rzeczywisty jest mniejszy od prześwitu krytycznego, wówczas fala odbita odejmuje się od fali bezpośredniej, pomniejszając tym samym energię pola elektromagnetycznego w punkcie odbioru, natomiast gdy prześwit rzeczywisty jest

większy od prześwitu krytycznego  $/H_0/$ , obie fale sumują się /energia sygnału rośnie/ i ich wypadkowa osiąga maksimum dla różnicy dróg między nimi  $\Delta d = 1/2 \lambda$  /zjawisko to zachodzi dla wartości prześwitu w środku trasy  $H_{\max} = 1/2 \sqrt{\lambda d}$ .

Do określania wielkości prześwitu krytycznego  $/H_0/$  wykorzystuje się odpowiednie nomogramy /tabele/ zawarte w instrukcjach stacji radioliniowych /dla stacji radioliniowej R-40SZ SWL MON opracowało specjalną instrukcję do obliczania trasy linii radiowej/.

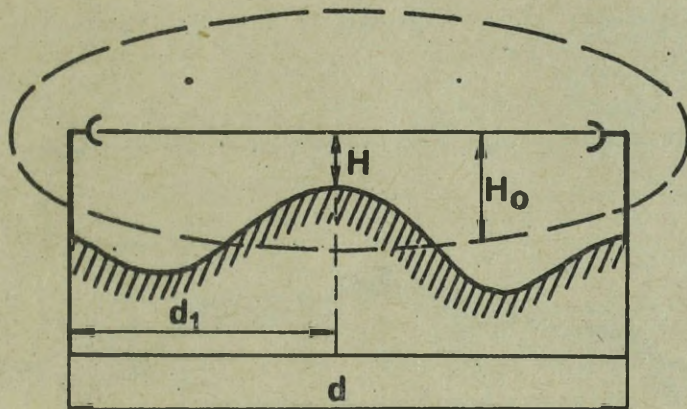
Warunek, aby pierwsza półsfera Fresnela /pierwsza elipsoida/ nie obejmowała przeszkód terenowych najłatwiej jest spełnić dla fal krótszych, ponieważ wówczas wielkość  $H_0$  jest najmniejsza.

Ze względu na prześwit rozróżnia się następujące odcinki przelotowe:  
a/ odsłonięte /rys. 2.5/, dla których spełniona jest nierówność  $H \geq H_0$ ;



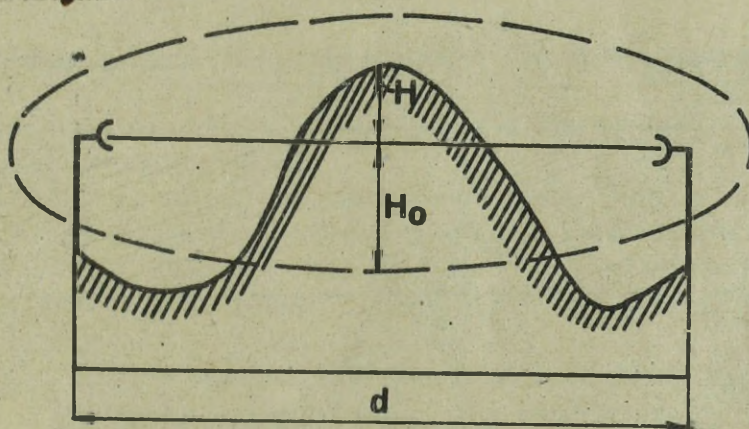
Rys. 2.5. Odcinek przelotowy odsłonięty

b/ na wpół zasłonięte /rys. 2.6/, dla których spełnione są następujące nierówności:  $H \leq H_0$ , lecz  $H_0 - H > 0$ ;



Rys. 2.6. Odcinek przelotowy na wpół zasłonięty

c/ zasłonięte /rys. 2.7/, dla których spełniona jest nierówność  $H_0 - H < 0$ ;

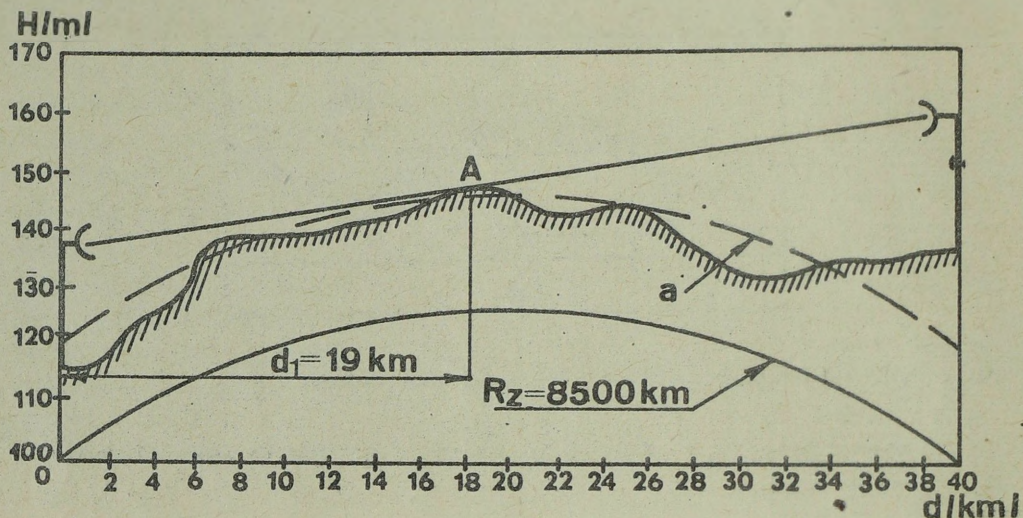


Rys. 2.7. Odcinek przelotowy zasłonięty

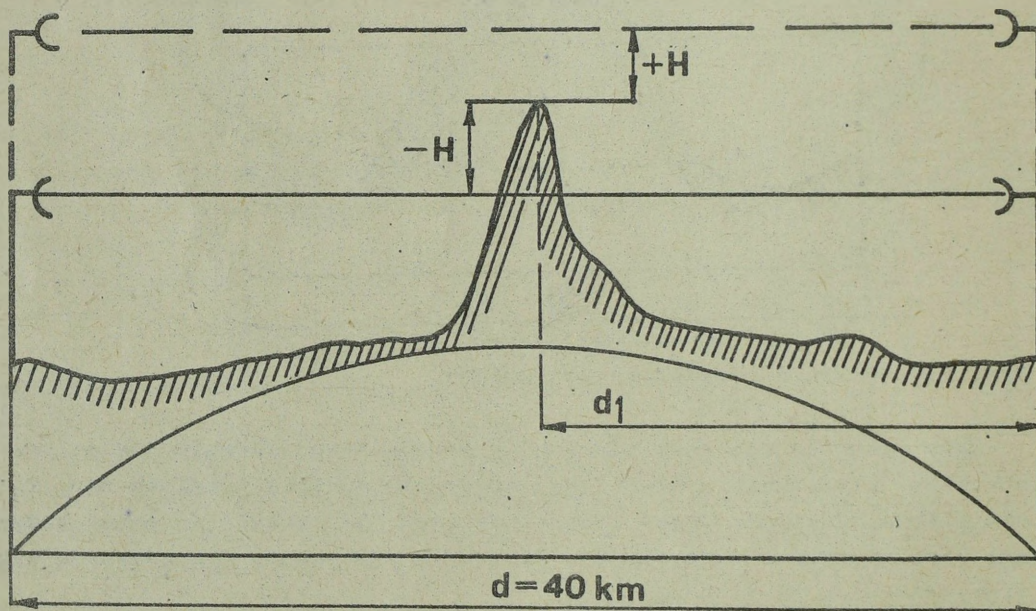
Duży wpływ na wielkość tłumienia rzeczywistego sygnału b.w.cz. ma charakter przeszkody występującej na trasie odcinka przelotowego. Znacznie niższe tłumienie wnosi przeszkoda typu "klinowego" /promień krzywizny przeszkody /a/ mniejszy od 1000 km/ w porównaniu z przeszkodą typu sferycznego /a > 1000 km/.

Przykładowo dla odcinków przelotowych, przedstawionych na rysunkach 2.8 i 2.9 posiadających - poza promieniem krzywizny przeszkody - identyczne parametry: w wypadku odcinka z przeszkodą typu sferycznego /a = 8500 km/ tłumienie rzeczywiste wynosi - 16 dB, natomiast w wypadku

odcinka z przeszkodą typu klinowego / $a = 10$  km/ tłumienie rzeczywiste wynosi - 6 dB.



Rys. 2.8. Odcinek przelotowy z przeszkodą typu "sferycznego"



Rys. 2.9. Odcinek przelotowy z przeszkodą typu "klinowego"

Istotne znaczenie dla jakości łączności radioliniowej, ma również rozmieszczenie anten w stosunku do przeszkód. Aby nie nastąpił przypadek zerwania łączności, należy umieszczać je ponad koronami drzew oraz w następującej odległości od występującej na trasie przeszkody:

- dla stacji radioliniowej R-405Z /"M"/ ~ 500+700 m;
- dla stacji radioliniowej R-405Z /"DCM"/ i stacji radioliniowej R-409 M - ponad 3 km;
- dla stacji radioliniowej R-404 - od 3 do 5 km.

Na ZTDW, gdzie występuje przewaga terenu równinno-lesistego o małej liczbie wzniesień, będziemy mieli praktycznie do czynienia z trasami na wpełni zasłoniętymi i zasłoniętymi. Dlatego aby uzyskać pewną i stabilną łączność radioliniową na potrzeby dowodzenia wojskami, należy dokładnie zaplanować trasę każdej linii radiowej. Uwzględniając dynamikę współczesnych działań bojowych, należy podkreślić, iż po wybudowaniu linii radiowej przy niewłaściwym zaplanowaniu jej trasy nie wystarczy czasu na korektę.

### 2.3. Wstępny wybór trasy linii radiowej

Przy planowaniu trasy linii radiowej niezbędne są następujące dane wyjściowe, a mianowicie:

- relacja, na której należy zestawić linię radiową;
- plan przesunięcia punktów dowodzenia i przewidywany ruch wojsk;
- pewne dane o przeciwniku, jak np.: dane o środkach rozpoznania i zakłóceń radioelektronicznych, rejony działania pododdziałów dywersyjnych itp.

Wstępną analizę obszaru między punktami końcowymi, mającą na celu ustalenie wariantów przebiegu trasy, przeprowadza się na mapie w skali 1:100000. Dla ułatwienia sobie pracy daną mapę poddaje się wstępnej obróbce. W tym celu należy nanieść na mapę punkty, przez które ma przebiegać trasa linii radiowej: polowe i ewentualnie stacjonarne węzły łączności, oraz punkty, gdzie przewidywane jest odgałęzienie kanałów, a także takie dane, jak rozmieszczenie ośrodków radiowych /mogą powodować zakłócenia/, trasy przemarszu sztabów oraz wojsk /korzystają z sieci radiofonicznej/. Następnie wzdłuż punktów, gdzie będą rozwijane końcowe i węzłowe stacje, zaznacza się obszar terenu w postaci pasa o szerokości około 1/3 do 1/2 odcinka przelotowego. W tak wybranym obszarze zaznacza się najwyższe wzniesienia, rozlewiska rzek, wąwozy, punkty trygonometryczne itp.

Na tak przygotowanej mapie należy, w przedziale wyznaczonego pasa,

wybrać takie warianty tras, aby liczba stacji pośrednich /przebieżnikowych/ była jak najmniejsza. Przyjmuje się następujące średnie długości odcinków przelotowych:

- 30 + 35 km przy wykorzystaniu stacji radioliniowych R-404;
- 37 + 43 km przy wykorzystaniu stacji radioliniowych R-409M i R-405Z pracujących w zakresie "D";
- 40 + 45 km przy wykorzystaniu stacji R-405Z pracujących w zakresie "M".

Wybrane wstępnie warianty tras i odcinków przelotowych należy następnie przeanalizować pod względem propagacyjnym /patrz następne podrozdziały/.

Dzieląc poszczególne, wstępnie wybrane warianty tras linii radiowych na odcinki przelotowe, dokonuje się jednocześnie wstępnego wyboru rozmieszczenia stacji radioliniowych. Ostatecznego wyboru miejsc dla stacji radioliniowych dokonuje się po przeprowadzeniu rekonesansu i wykonaniu profili odcinków trasy. Jednak już w czasie wstępnego planowania należy uwzględnić następujące wymagania:

- a/ łatwość powiązania stacji radioliniowej z centralą telefoniczną oraz innymi elementami węzła lub środkami łączności /liczba odcinków kabli łącznikowych/;
- b/ zapewnienie odpowiedniej wyniosłości antenie stacji radioliniowej;
- c/ zapewnienie warunków maskowania stacji radioliniowej i miejsca położenia węzła łączności;
- d/ zapewnienie kompatybilnej pracy urządzeń nadawczo-odbiorczych stacji radioliniowej poprzez:
  - oddalenie stacji radioliniowej na odległość 500 + 1000 m od nadajników UKF, a nawet KF;
  - oddalenie poszczególnych stacji radioliniowych na odległość 200 + 300 m od siebie;
  - rozmieszczenie stacji radioliniowych w grupach przy odległościach między grupami 800+1000 m /jeżeli liczba stacji radioliniowych pracujących w jednym rejonie jest większa od czterech/;
  - niedopuszczenie do wzajemnego krzyżowania się wiązek promieniowania stacji radioliniowych;
  - oddalenie stacji radioliniowych na odległość 300 + 500 m od obiektów przemysłowych, kolei elektrycznych, linii wysokiego napięcia itp.;
  - nierozmieszczanie na kierunku promieniowania anteny agregatów prądotwórczych;
  - oddalenie stacji radioliniowych /szczególnie R-405Z i R-409M/ na

odległość 200 + 300 m od dróg publicznych i dojazdowych od węzła łączności;

e/ zapewnienie możliwości dojazdu stacji radiolinijowej do wyznaczonego punktu rozwinięcia;

f/ zapewnienie warunków ochrony i obrony stacji;

g/ zapewnienie możliwości zaopatrzenia obsługi stacji w wodę pitną;

h/ wykorzystanie ewentualnych /lokalnych/ możliwości korzystania z sieci prądu zmiennego;

i/ zapewnienie odpowiedniej odległości od przeszkód terenowych i innych obiektów.

#### 2.4. Rekonesans trasy linii radiowej

Celem rekonesansu jest praktyczne ustalenie w terenie, czy wybrana według mapy trasa linii radiowej spełnia wymagania ujęte w punkcie 2.3. Na podstawie rekonesansu dokonuje się selekcji wybranych wariantów tras, uaktualnia mapę w celu wykonania właściwych profili odcinków przelotowych. Rekonesans trasy można przeprowadzić przed lub po wykonaniu profili odcinków przelotowych. Jak wykazuje praktyka, na ogół zawsze, niezależnie od kolejności, każda z wymienionych wyżej prac wnosi poprawki do wykonanej poprzednio. Praktyczniejsze jest jednak, jak wykazuje doświadczenie, uprzednie przeprowadzenie rekonesansu, a dopiero po tym wykonywanie profili terenowych wybranej trasy linii radiowej. Ewentualne rozpoznanie nowych miejsc na rozwijanie stacji radiolinijowych, wynikłych w trakcie profilowania terenu odcinków trasy, przeprowadza się już w toku samego rozwijania linii radiowej.

#### 2.5. Wykonywanie profili odcinków przelotowych

Profile odcinków przelotowych wykonuje się w zasadzie z mapy 1:100000, używając jednak w wypadkach wątpliwych map o mniejszej skali odwzorowania. Szczególnie dokładnie należy wykonywać profile terenu na stokach wzgórz i wzniesień. Układ współrzędnych do wykonania profilu powinien być następujący:

- na osi poziomej odwzorowujemy odległość w skali 1:100 000 /1 cm - 1 km/;

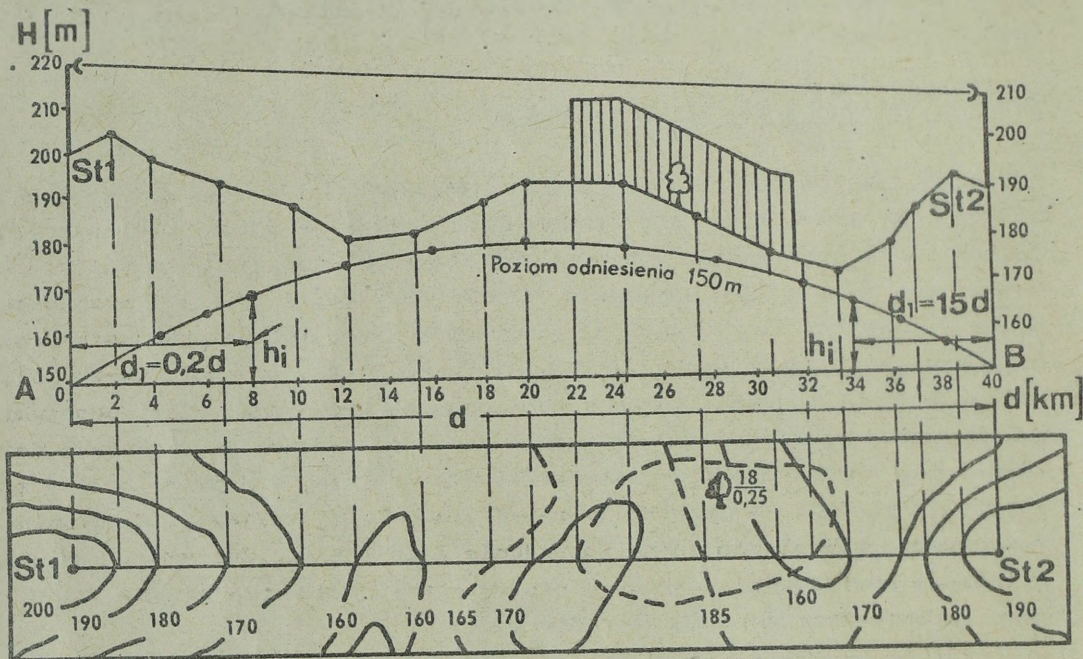
- na osi pionowej odwzorowujemy wysokość terenu w skali 1:1000 /1 cm - 10 m/.

Są dwa zasadnicze sposoby wykonywania profili terenu:

a/ według łuku krzywizny Ziemi wykonywanego na podstawie odpowiednich wykresów lub szablonów  $/R_z = 8500 \text{ km}/$ ;

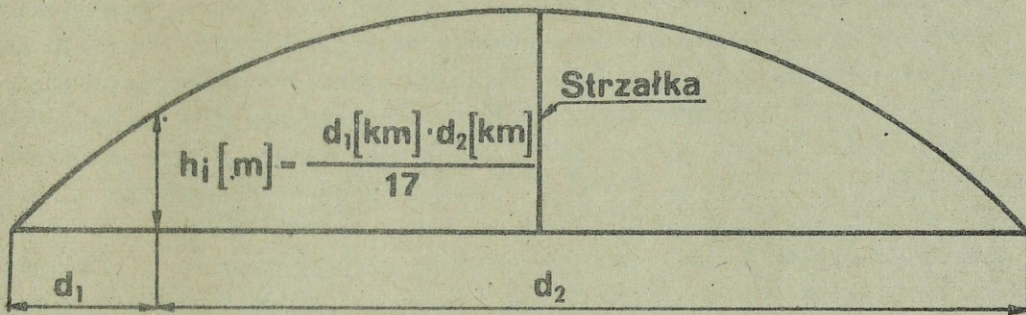
b/ na specjalnych blankietach uwzględniających normalną refrakcję fal radiowych.

W pierwszym wypadku /sposób ogólnie stosowany ze względu na brak blankietów/ na mapie wrysowuje się linię prostą łączącą punkty rozmieszczenia stacji radioliniowych nr 1 i nr 2 /rys. 2.10/, określając odległość między nimi -  $d$ .

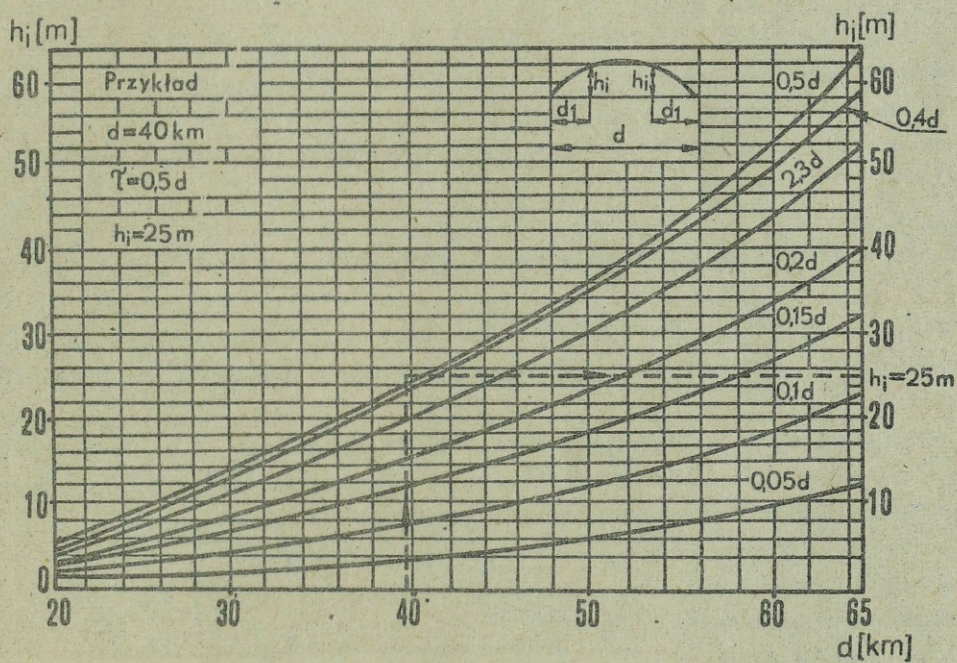


Rys. 2.10. Przykład wykonania profilu terenu odcinka trasy linii radiowej

Do tej linii przykładają się odpowiedniej wielkości arkusz papieru milimetrowego, na którym kreśli się linię AB /równoległa do linii na mapie/, a następnie w punktach A i B kreśli się dwie prostopadłe, odmierzając na nich wysokość w skali  $1 \text{ cm} = 10 \text{ m}$ . Następnie na odcinku AB rysuje się łuk krzywizny Ziemi  $/R_z = 8500 \text{ km}/$  przy pomocy szablonu lub odpowiednich nomogramów /sposób wykonywania łuku krzywizny Ziemi z nomogramu pokazano na rysunku 2.11/.



Rys. 2.11. Szablon łuku krzywizny kuli ziemskiej



Rys. 2.12. Wykresy do określania łuku krzywizny kuli ziemskiej z uwzględnieniem refrakcji  $/R_z = 8500 \text{ km/}$

Tak wykonany łuk krzywizny Ziemi jest linią odniesienia, odpowiadającą wysokości nad poziomem morza najniżej położonego punktu na mapie odcinka przelotowego. W dalszej kolejności wartości wysokości poszczególnych wzniosłości terenowych przenosi się na arkusz papieru milimetrowego. Wyznaczone w ten sposób punkty łączy się linią krzywą, a następnie nanosi na nią lasy i wysokie budowle. Wysokość masztów antenowych nanosi się w punktach A i B, a ich wierzchołki łączy się linią prostą.

Sposób drugi wykonywania profilu odcinka przelotowego jest podobny do omawianego z jedną tylko różnicą: nie trzeba już w tym wypadku wrysować promienia krzywizny Ziemi /wrysowany na blankiecie/.

## 2.6. Obliczenia linii radiowej i ostateczne ustalenie miejsca rozwinięcia stacji radioliniowych

W etapie tym wykonujemy następujące czynności:

- wyznaczamy parametry odcinków przelotowych;
- oceniamy przydatność odcinka przelotowego do łączności w linii radiowej.

### 2.6.1. Wyznaczanie parametrów odcinka przelotowego

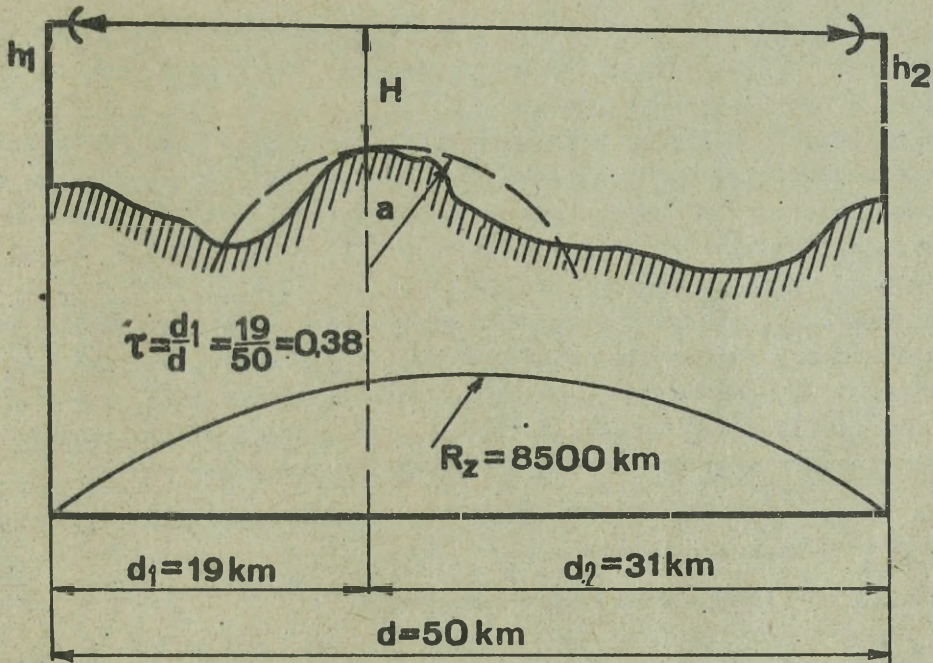
Parametry geometryczne odcinka, niezbędne do dalszych obliczeń, wyznacza się na podstawie wykreślonego profilu danego odcinka. Do parametrów tych należą:

- d - długość odcinka przelotowego /w kilometrach/;
- $d_1$  - odległość /w kilometrach/ rozpatrywanego punktu odcinka /występującej przeszkody/ od najbliższej stacji radioliniowej;
- H - rzeczywisty prześwit /zasłonięcie/ w metrach;
- $\tau$  - współrzędna względna położenia przeszkody /sposób obliczenia na poniższych rysunkach/;
- a - promień krzywizny danej przeszkody w kilometrach.

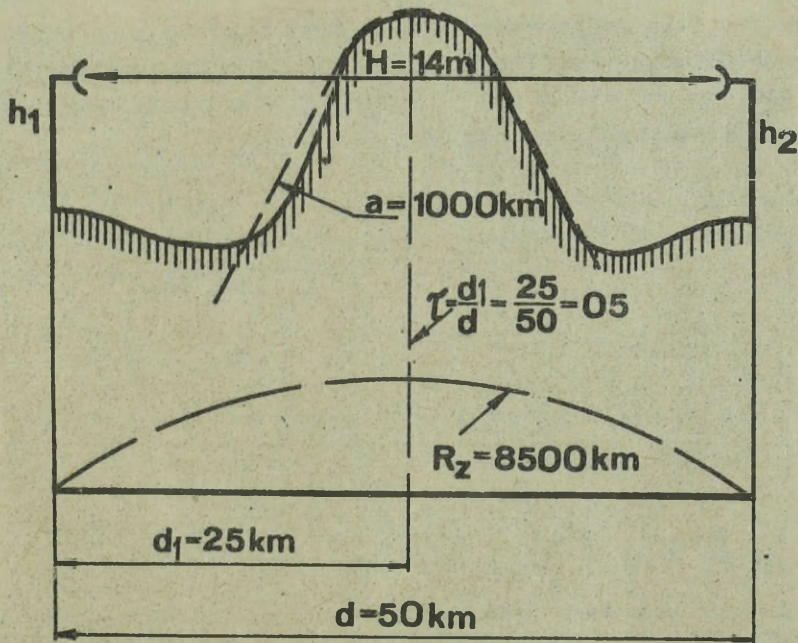
Przykład wyznaczania przedstawionych parametrów przedstawiają rysunki 2.13 i 2.14.

W celu określenia promienia krzywizny przeszkody /a/ korzystamy z krzywych aproksymacyjnych przedstawionych w załączniku 1. Krzywa aproksymacyjna 8500 km może również służyć do wykreślania promienia krzywizny Ziemi /podczas wykonywania profilu/.

W wypadku gdy przeszkoda występująca na trasie odcinka przelotowego nie przecina linii bezpośredniej widoczności anten, należy jeszcze określić



Rys. 2.13. Wyznaczanie geometrycznych parametrów odcinka trasy linii radiowej



Rys. 2.14. Wyznaczanie geometrycznych parametrów odcinka trasy linii radiowej

lić, czy odcinek jest odsłonięty, czy też na wpół zasłonięty. W tym celu porównujemy wielkość prześwitu rzeczywistego /uzyskanego z wykonanego profilu/ z prześwitem krytycznym  $H_0$ .

Do obliczenia wartości prześwitu krytycznego  $H_0$  oraz przydatności odcinka radioliniowego do eksploatacji przyjmujemy zawsze większą z dwu częstotliwości pracy /ze względu na krytyczniejsze dla niej warunki propagacyjne/. Przykładowo z pary numerów fal  $N_1 = 150$  "A" i  $N_2 = 300$  "A" do obliczeń wykorzystujemy  $N_2 = 300$  "A".

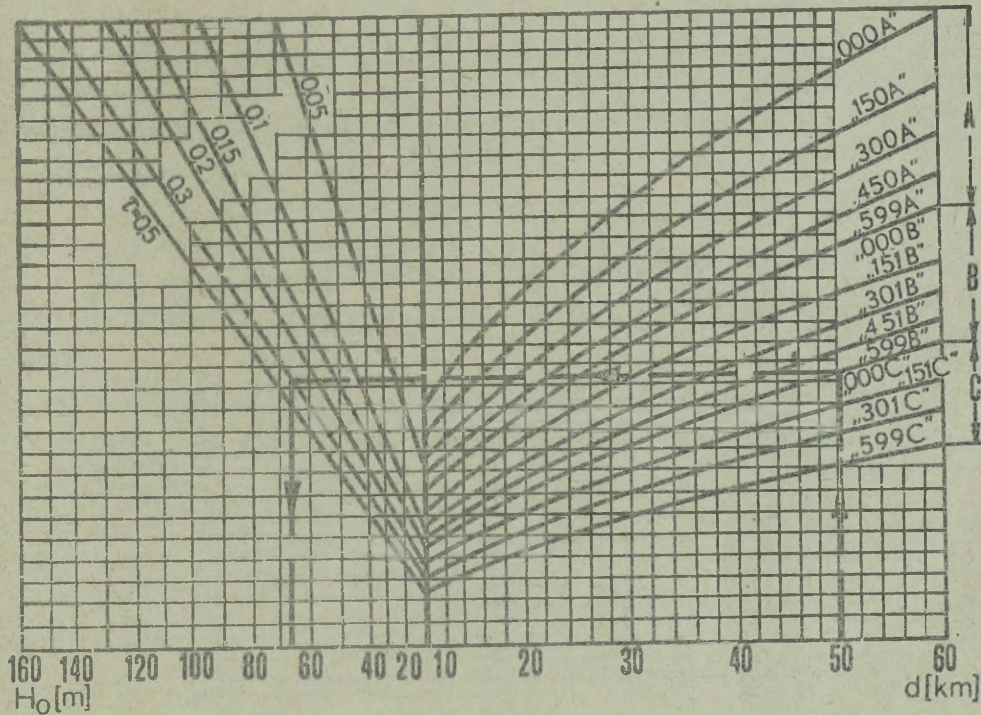
Do określania wartości prześwitu krytycznego wykorzystuje się odpowiednie wykresy /różne dla różnych typów stacji i częstotliwości/. Na rysunku 2.15 przedstawiono wykresy do określania prześwitu krytycznego  $H_0$  dla stacji radiolinowej R-409 M. Linia przerywaną zaznaczono przykład obliczania wartości  $H_0$  dla następujących danych:

$d = 50$  km /łączość bezpośrednia tylko między dwiema stacjami radiolinowymi R-409 M/;

$N = 599$  "B" /numer fali podzakresu "B"/;

$\tau = 0,3$ .

Ten sam odcinek przelotowy może być dla dwu różnych częstotliwości odsłonięty i na wpół zasłonięty. Przykładowo dla odcinka przelotowego R-409 M o parametrach  $d = 40$  km,  $\tau = 0,5$  i  $H = 55$  m w wypadku pracy na 000 numerze fali podzakresu "A" prześwit krytyczny  $H_0 = 59$  m, czyli odcinek przelotowy jest odsłonięty. Natomiast przy tych samych parametrach dla 150 numeru podzakresu "A" prześwit krytyczny wynosi 52 m, czyli odcinek jest na wpół zasłonięty.



Rys. 2.15. Wykresy do określania wielkości prześwitu krytycznego  $H_0$ .

2.6.2. Ocena przydatności odcinka przelotowego do łączności w linii radiowej

Wybrany odcinek przelotowy można dopuścić do eksploatacji w wypadku, jeżeli wartość bezwzględna rzeczywistego współczynnika osłabienia  $/V_p/$  jest mniejsza /lub równa/ od bezwzględnej wartości dopuszczalnego współczynnika osłabienia  $V_{p.dop}$ , tzn.:

$$/V_p/ \leq /V_{p.dop}/ \quad 6/ \quad \text{/w dacybelach/}$$

W celu stwierdzenia, czy powyższy warunek dla odcinka przelotowego jest spełniony, należy obliczyć wartości  $V_p$  i  $V_{p.dop}$  /dla każdego odcinka osobno/.

Wartość dopuszczalnego współczynnika osłabienia  $/V_{p.dop}/$  określamy na podstawie specjalnych wykresów zawartych w instrukcjach stacji radiolinio-

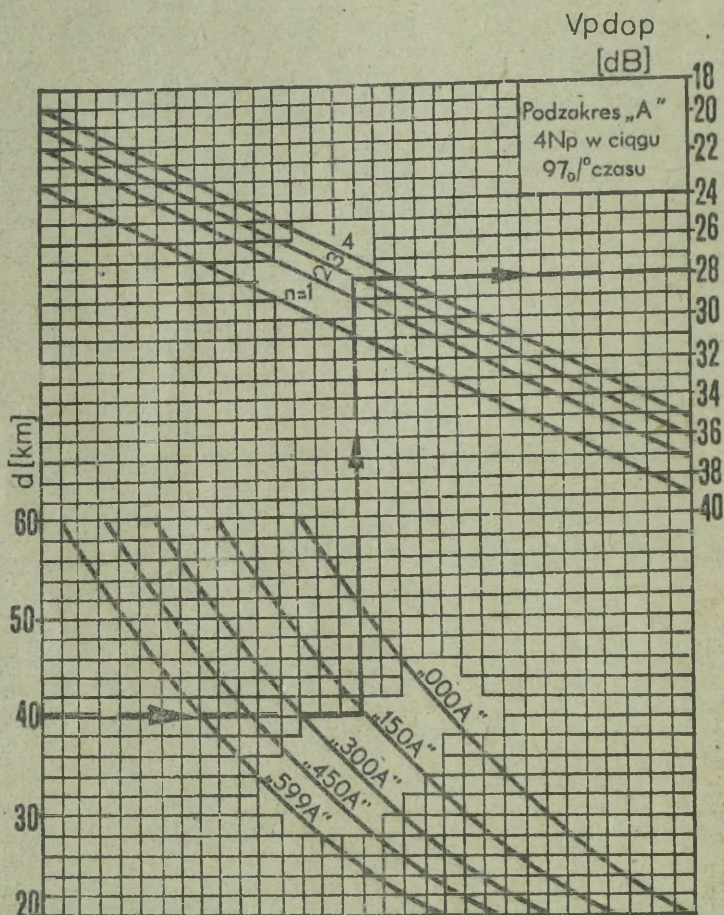
6/ W wypadku, gdy powyższa nierówność nie jest spełniona przynajmniej dla jednego z odcinków trasy linii radiowej, należy wybrać inny wariant przebiegu trasy lub wykorzystać dodatkową stację pośrednią.

wych. Na rysunku 2.16 przedstawiono wykres obliczania wartości współczynnika osłabienia dla podzakresu "A" stacji radioliniowej R-409 M z zaznaczonym przykładem obliczenia tego współczynnika dla następujących danych:

$d = 40$  km;

nr fali = 150;

$n = 3$  /liczba odcinków przelotowych na trasie/.



Rys. 2.16. Dopuszczalne wartości współczynnika osłabienia dla podzakresu "A" /R-409 M/

Wartość współczynnika osłabienia - jak widać z wykresu - zależy odwrotnie proporcjonalnie od częstotliwości pracy, długości odcinka przelotowego i liczby odcinków przelotowych występujących na danej trasie.

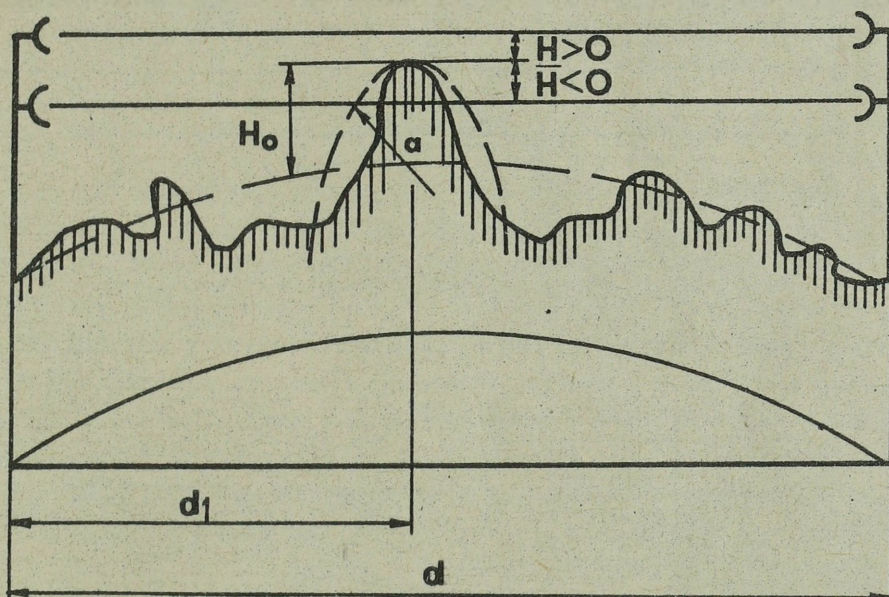
Po obliczeniu dopuszczalnej wartości współczynnika osłabienia przystępujemy do obliczania rzeczywistej wartości współczynnika osłabienia danego odcinka przelotowego. Sposób jego obliczania jest podobny dla wszystkich typów stacji radioliniowych.

W celu przybliżenia metody jego obliczania poniżej przedstawiono ją na przykładzie stacji radioliniowej R-409 M.

Podczas obliczania rzeczywistego współczynnika osłabienia dla odcinków przelotowych trasy linii radiowej R-409 M mogą wystąpić cztery przypadki.

I p r z y p a d e k /rys. 2.17/

Osłabienie energii fal radiowych na zasłoniętych i na wpół zasłoniętych odcinkach przelotowych z jedną przeszkodą.



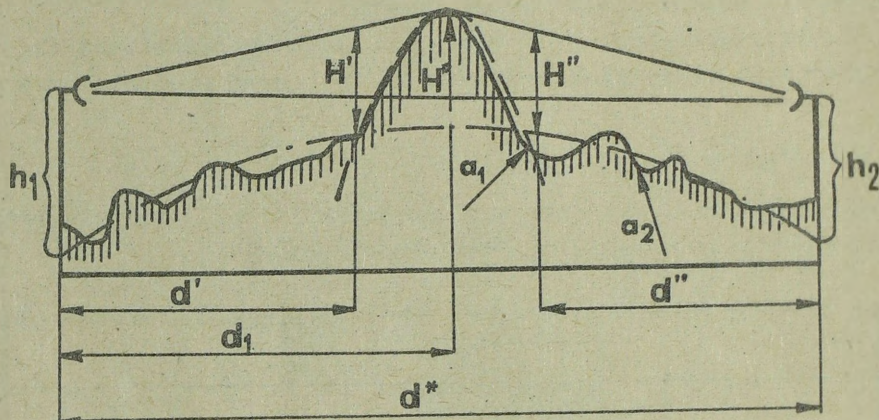
Rys. 2.17. Osłabienie energii fal radiowych na zasłoniętych i na wpół zasłoniętych odcinkach przelotowych z jedną przeszkodą

Przypadek ten odpowiada odcinkowi przelotowemu, posiadającemu jedną przeszkodę, której wysokość nad sferyczną powierzchnią otaczającą przestrzeni jest nie mniejsza od prześwitu krytycznego  $H_0$ .

Wielkość tłumienia odczytuje się z wykresów nomogramu przedstawionego w załączniku 2. Kolejność postępowania przy obliczaniu przedstawionego w załączniku ilustruje czerwona linia ze strzałkami.

II p r z y p a d e k /rys. 2.18/

Oslabienie energii fal radiowych na zasłoniętych odcinkach z jedną przeszkodą, której wysokość nad powierzchnią sferyczną jest mniejsza od  $H_0$ .



Rys. 2.18. Odcinek przelotowy z jedną przeszkodą, której wysokość nad powierzchnią sferyczną jest mniejsza od  $H_0$

W tym wypadku nie tylko przeszkoda, ale również i końcowe odcinki powierzchni sferycznej powodują osłabienie energii fal radiowych. Przy określaniu współczynnika osłabienia należy uwzględnić dwie możliwości:

a/ prześwity:  $H'$  i  $H''$ , nad punktami przecięcia się krzywych aproksymacyjnych  $a_1$  i  $a_2$  są mniejsze niż efektywne wysokości zawieszenia anten nad krzywą  $a_2$ , tzn.  $H' < h_1$  i  $H'' < h_2$ . W tym wypadku współczynnik osłabienia określa się z zależności:

$$V_p = V^x + \frac{V' + V''}{2} \quad /dB/$$

gdzie:  $V^x$  - współczynnik osłabienia oblicza się z załącznika 2 dla następujących parametrów:

$$\begin{aligned} H &= H^x \\ \tau &= d_1 / d^x \\ a &= a_1 \\ d &= d^x \end{aligned}$$

$V'$  - współczynnik osłabienia, określający wpływ lewego końca przeszkody, oblicza się również z załącznika 2 dla następujących parametrów:

$$\begin{aligned} H &= H' \\ \tau &= 0,5 \\ a &= a_2 \\ d &= 2d' \end{aligned}$$

$V''$  - współczynnik osłabienia określający wpływ prawego końca przeszkody, oblicza się z załącznika 2 dla następujących parametrów:

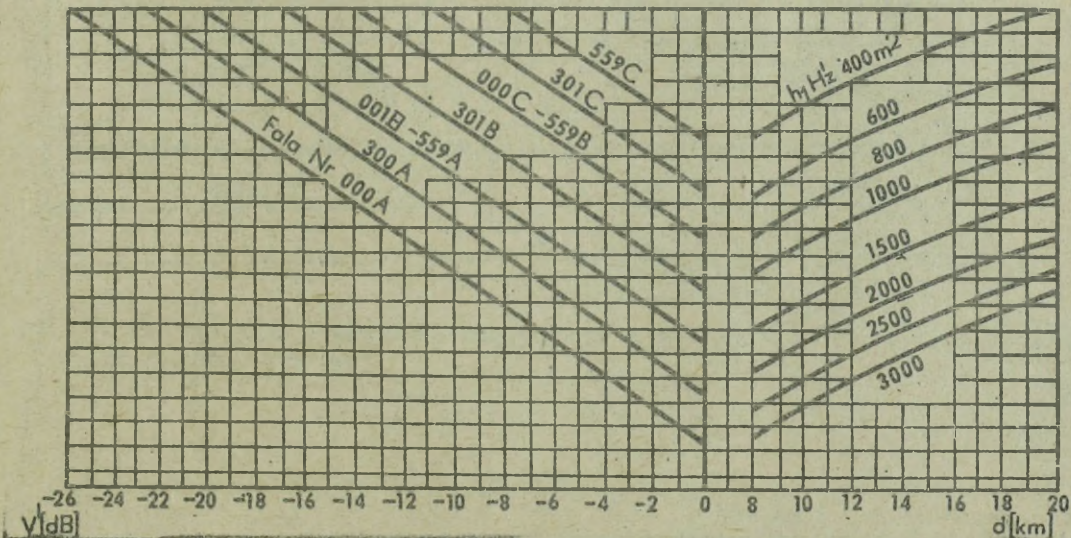
$$\begin{aligned} H &= H'' \\ \tau &= 0,5 \\ a &= a_2 \\ d &= 2d'' \end{aligned}$$

b/ prześwity:  $H'$  i  $H''$ , są większe niż efektywne wysokości zawieszenia anten, tzn.  $H' > h_1$  i  $H'' > h_2$ . W tym wypadku współczynnik osłabienia określa się z zależności:

$$V_p = V^x + V' + V''$$

Współczynnik osłabienia  $V^x$  określa się identycznie jak w punkcie a. Dla określenia współczynnika osłabienia na lewym końcu odcinka przelotowego  $V'$  należy na podstawie wykreślonego profilu wyznaczyć parametry  $d'$ ,  $H'$  i  $h_1$ , a następnie - z poniżej przedstawionego wykresu /rys. 2.19/ - znaleźć wartość  $V'$  jako funkcję: odległości  $d'$  iloczynu  $h_1 \times H'$  oraz numeru fali roboczej.

Współczynnik  $V''$  znajduje się w analogiczny sposób.



Rys. 2.19. Wykresy pomocnicze do wyznaczania współczynnika osłabienia na odcinku z jedną przeszkodą

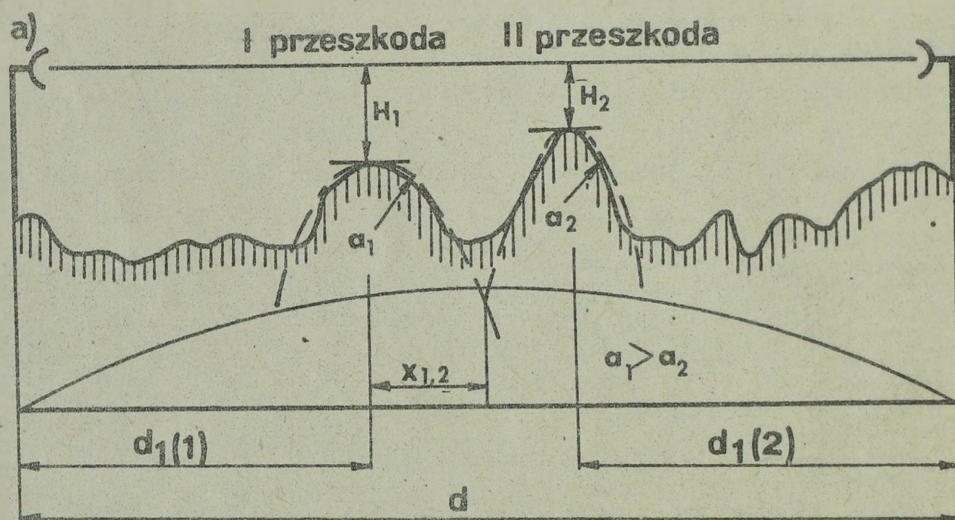
III przypadek /rys. 2.20/

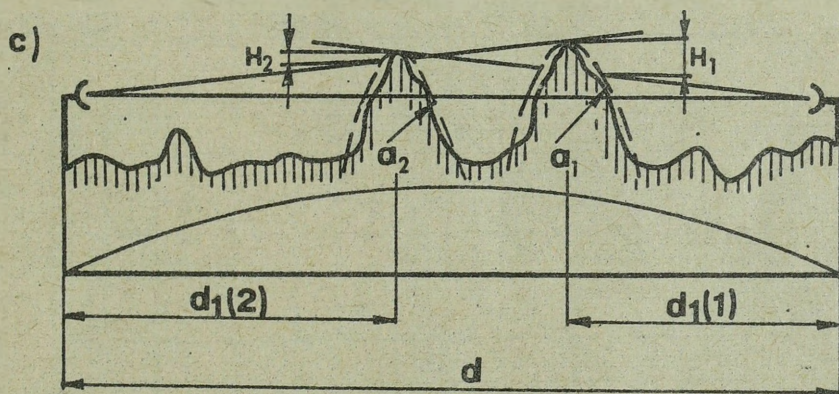
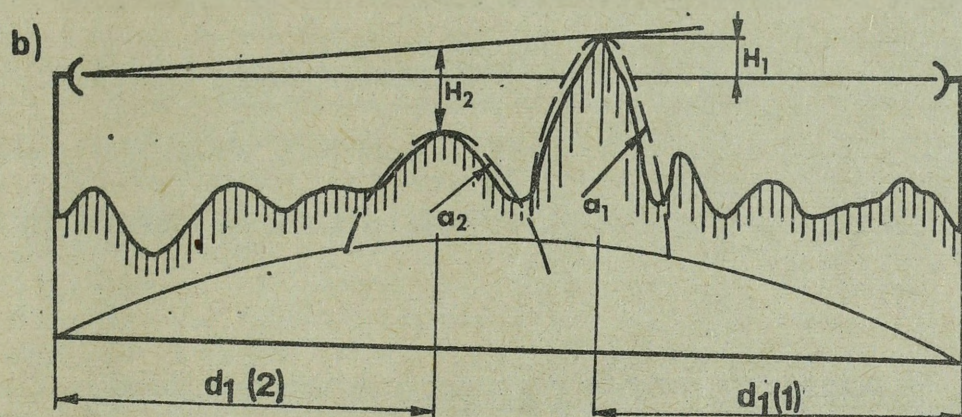
Oslabienie energii fal radiowych na zasłoniętych i na wpół zasłoniętych odcinkach przelotowych z kilkoma przeszkodami.

Współczynnik osłabienia dla takich odcinków rozpatrujemy jako sumę współczynników osłabienia dla każdej przeszkody oddzielnie na podstawie nomogramu z załącznika 2, przy czym przeszkody I i II rozpatrujemy oddzielnie /rys. 2.20a/, jeżeli spełniony jest warunek:

$$H_{1,2} \geq \beta$$

gdzie:  $\beta$  - parametr, który odcytujemy ze specjalnego wykresu /rys. 2.21/



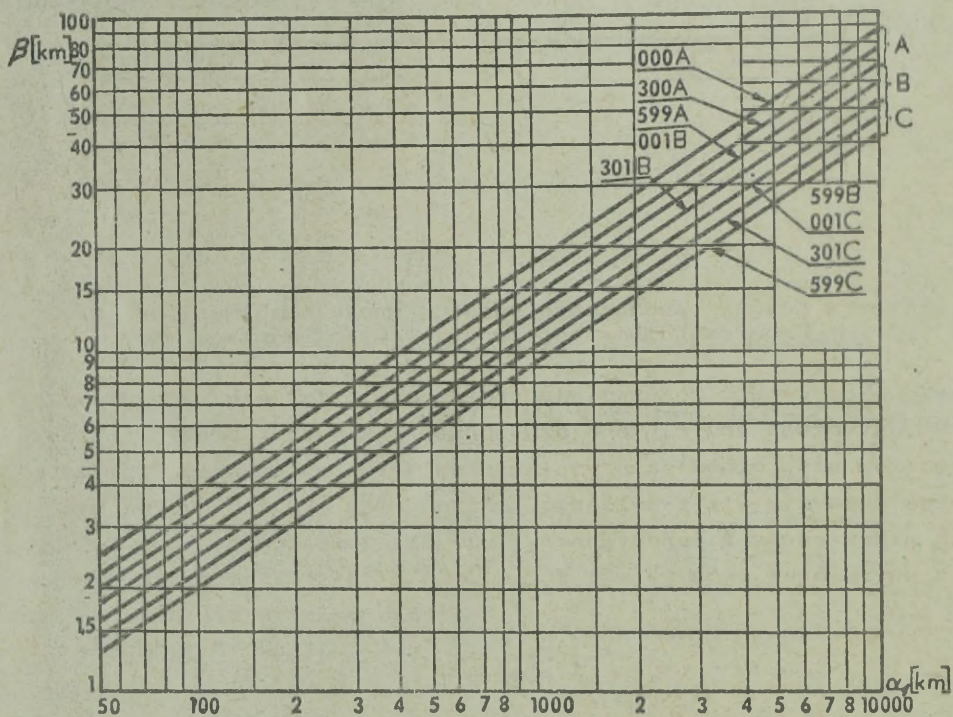


Rys. 2.20. Odcinki przelotowe zasłonięte i na wespół zasłonięte z kilkoma przeszkodami

Jeżeli powyższa nierówność nie jest spełniona, to przeszkody rozpatrujemy łącznie jako jedną /aprosymujemy nowym promieniem/ o parametrach  $H$ ,  $a$ ,  $l$ .

Na rysunku 2.20 przedstawione są trzy przypadki:

- a/ linia bezpośredniej widoczności przechodzi powyżej obu przeszkód terenowych /prześwity  $H_1$  i  $H_2$ /;
- b/ linia bezpośredniej widoczności przecina jedną z przeszkód /prześwicie -  $H_1$  i prześwit  $H_2$ /;
- c/ linia bezpośredniej widoczności przecina kilka przeszkód /zasłonięcie -  $H_1$  i -  $H_2$ /.



Rys. 2.21. Wykresy do wyznaczania parametru pomocniczego

#### IV p r z y p a d e k:

Oslabienie energii fal radiowych na odsłoniętych odcinkach przelotowych.

Oslabienie energii fal radiowych na takich odcinkach nie występuje, jeżeli do punktu odbiorczego nie docierają fale odbite od płaskich odcinków terenu lub miejscowych przedmiotów. Praktycznie odbicia takie mogą wystąpić od powierzchni wody, łąki, pola uprawnego itp. W celu ich eliminacji należy dążyć /np. poprzez zmianę wysokości zawieszenia anten/ do tego, aby prześwit nad punktem możliwych odbić nie był większy niż  $1,73 H_0$ . Można wówczas przyjąć, że tłumienie fali nie występuje.

W szczególnych jednak wypadkach /odcinki o nieskomplikowanej konfiguracji profilu terenu /ocena przydatności danego odcinka przelotowego może być dokonana na podstawie wielkości prześwitu /przesłonięcia/ trasy, tzn. bez przeprowadzania obliczeń. W tych wypadkach można wskazać pewną wielkość prześwitu /przesłonięcia/, przy której osłabienie energii fal radiowych nie przekroczy dopuszczalnej wartości. Tabela 2.1. przedstawia wartości takiego minimalnego prześwitu  $H_{min}$  /lub maksymalnego przesłonięcia  $H_{max}$ / w zależności od parametrów geometrycznych profilu  $d, \tau, a$ / dla odcinków posiadających jedną przeszkodę, której wysokość nad powierzchnią sferyczną  $R_z = 8500 \text{ km}$  jest nie mniejsza od prześwitu krytycznego  $H_0$ .

Tabela 2.1

Wartości minimalnego prześwietu  $/H_{\min}/$  lub minimalnego przesłonięcia  $/H_{\max}/$  dla różnych typów stacji radioliniowych

Promień a		8500 km			100 km				
		0,5	0,1		0,2		0,5		
R-409	A	Nr fali	000÷600	000	300	600	000	300	600
		d /km/							
		30	+3	-58	-46	-38			-70
	40	+6	-80	-57	-42	-90	-90	-78	
	50	+2	-88	-62	-44			-81	
	B	Nr fali	001-599	001	301	599	001	301	599
		d /km/							
		30	-2	-60	-44	-35		-82	-62
	40	-4	-73	-50	-41	-90	-90	-70	
	50	-7	-83	-57	-43		-90	-73	
	C	Nr fali	001-599	001	301	599	001	301	599
		d /km/							
30		-4	-35	-37	-30	-63	-64	-50	
40	-5	-41	-42	-33	-70	-70	-54		
50	-7	-43	-49	-35	-73	-78	-58		
404	d /km/	0,5		0,1		0,3		0,5	
	20	+16		+4		+6		+7	
	30	+20		+14		+15,5		+16,5	
R-405Z	M	d /km/	0,5		0,1		0,3		0,5
		20	+5		-27				
		30	+8		-48		-90		-90
40	0		-62						
OCM	20	+3		-5		-25		-27	
	30	+4		-7		-27		-33	
	40	+5		-9		-28		-35	

2.7. Wyznaczenie azymutów dla poszczególnych stacji radioliniowych

Przy stosunkowo wąskich wiązkiach energii promieniowanej przez anteny stacji radioliniowych /patrz rozdział 5/ czas nawiązywania łączności i zestrąjania linii radiowej oraz jakość łączności zależą w znacznym stopniu od dokładnego zorientowania anten między poszczególnymi stacjami.

Orientowanie anten w terenie odbywa się za pomocą busoli na podstawie wyznaczonych azymutów magnetycznych dla poszczególnych anten stacji radioliniowych. Azymuty magnetyczne określa się w etapie planowania łączności radioliniowej na podstawie mapy według następującego wzoru:

$$M = T - / + \Delta /$$

gdzie: M - azymut magnetyczny;  
T - azymut topograficzny;  
 $\Delta$  - zboczenie magnetyczne.

Aby więc dokładnie określić azymut magnetyczny dla anten stacji radioliniowych, należy od określonego z mapy na podstawie siatki kilometrowej azymutu topograficznego /od  $0^{\circ}$  do  $360^{\circ}$ / odjąć wartość zboczenia magnetycznego /wartość zboczenia magnetycznego / $\Delta$ / umieszczona jest pod południową ramką każdego arkusza mapy w formie objaśnienia z odpowiednim szkicem i wartościami liczbowymi/. Jeżeli uchylenie magnetyczne jest wschodnie, to podstawiamy je do powyższego wzoru ze znakiem plus /+/, natomiast jeżeli jest zachodnie - ze znakiem ujemnym /-/.

Dokładne ukierunkowanie anten wyklucza możliwość uzyskania łączności radioliniowej na bocznych listkach promieniowania, co może być powodem odbioru słabego poziomu sygnału, i który to wypadek tylko rzadko i z dużą trudnością z dobrą praktyką są w stanie w krótkim czasie określić /wykluczając przyczyny złego profilu terenu lub niesprawności aparatury/.

## 2.8. Dobór fal roboczych

Ważnym zagadnieniem w czasie planowania i eksploatacji łączności radioliniowej jest prawidłowy dobór częstotliwości pracy dla urządzeń nadawczych i odbiorczych zapewniający kompatybilną ich pracę w ramach całego systemu łączności.

Kompatybilny dobór częstotliwości pracy polega na takim ich wyborze dla poszczególnych urządzeń, aby nie występowały zakłócenia pracy odborników przez nadajniki tej samej stacji, jak i nadajniki innych stacji radioliniowych oraz inne urządzenia promieniujące energię elektromagnetyczną /nadajniki radiowe, radiotelefoniczne, telewizyjne itp./. Przy doborze częstotliwości należy rozpatrywać kompatybilność zarówno w strefie dalekiej, jak i strefie bliskiej.

### 2.8.1. Zasady zapewnienia kompatybilności elektromagnetycznej pracy środków radioliniowych w strefie dalekiej

Wzajemne zakłócanie strefy dalekiej, to zakłócenie występujące pomiędzy oddalonymi środkami promieniującymi energię elektromagnetyczną pracującymi na tych samych częstotliwościach.

Ze względu - z jednej strony - na znaczne zagęszczenie sieci linii i kierunków radioliniowych w polowym systemie łączności, a z drugiej

strony - na ograniczoną liczbę numerów fal poszczególnych stacji radioliniowych będzie zachodziła potrzeba powtarzania określonych numerów fal w pasie działania związku operacyjnego.

Kompatybilna praca środków radioliniowych w strefie dalekiej będzie zapewniona, jeżeli /alternatywnie/:

1/ wygospodarowana zostanie niezbędna liczba częstotliwości umożliwiająca pracę środków radioliniowych na różnych numerach fal;

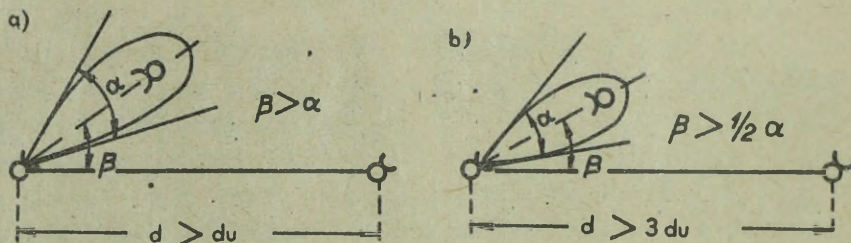
2/ zachowana zostanie między pracującymi środkami radioliniowymi koordynacja odległościowo-przestrzenna.

Koordinację odległościowo-przestrzenną można realizować dwiema metodami:

- poprzez zachowanie pomiędzy dwiema stacjami radioliniowymi, pracującymi na tej samej częstotliwości, tzw. odległości koordynacyjnej  $d_k$   
 $d_k \approx 3 + 4 d_u$ ;

- poprzez zachowanie odpowiedniego kąta  $\beta$  /równego kątowi charakterystyki promieniowania anteny nadawczej/ pomiędzy kierunkiem na stację współpracującą a kierunkiem na najbliższą stację radioliniową pracującą na tej samej częstotliwości /oddaloną przynajmniej na odległość użyteczną -  $d_u$ /.

W wypadku większych odległości między sąsiednimi stacjami radioliniowymi /przynajmniej  $3 \times d_u$ / pracującymi na tych samych częstotliwościach wielkość różnicy kątowej można zmniejszyć o połowę /rys. 2.22/.



Rys. 2.22. Zachowanie koordynacji przestrzennej między dwiema sąsiednimi stacjami radioliniowymi pracującymi na tych samych częstotliwościach w strefie dalekiej

Odległość koordynacyjną można zmniejszyć, wykorzystując ekranujące właściwości terenu, jego pokrycia i infrastruktury. Jest to możliwe szczególnie dla fal krótszych, a mianowicie zakresu "DCM" stacji radioliniowej R-405, podzakresu "C" stacji radioliniowej R-409 M i całego zakresu stacji radioliniowej R-404, ponieważ fale elektromagnetyczne tych częstotliwości bardzo słabo uginają się na przeszkodach i są silnie tłumione zarówno

przez samą przeszkodę, jak i pokrycie terenu. Zmniejszania odległości koordynacyjnej należy jednak dokonywać w wypadkach koniecznych /gdy nie ma możliwości przydzielenia innym częstotliwości/ i po wykonaniu profilu terenu między sąsiednimi stacjami radioliniowymi pracującymi na tej samej częstotliwości.

Podczas planowania fal radiowych dla całej linii radiowej należy dążyć do tego, aby nie zachodziła konieczność zbyt częstego ich powtarzania. W razie konieczności powtarzania numeru fali /w praktyce wypadek taki ma często miejsce/ dla poszczególnych odcinków linii radiowej należy stosować zasadę koordynacji odległościowo-przestrzennej.

Kompatybilność w strefie dalekiej dla stacji radioliniowych R-409 M i R-405 Z należy rozpatrywać wspólnie, ponieważ pracują one w dość szerokim paśmie na wspólnych częstotliwościach, a mianowicie:

- podzakresowi "M" stacji radioliniowej R-405 Z /60 + 69, 975 MHz/ odpowiadają numery fal od 000 do 070 podzakresu "A" stacji radioliniowej R-409 M /szerokość widma promieniowania dla stacji radioliniowej R-405 Z i R-409 M w tych podzakresach wynosi odpowiednio 32 kHz i 72 kHz/;

- podzakresowi "DCM" stacji radioliniowej R-405 Z /390-420 MHz/ odpowiadają numery fal od 371 + 449 podzakresu "C" stacji radioliniowej R-409 M /szerokość widma promieniowania dla stacji radioliniowej R-405 Z i R-409 M w tych podzakresach wynosi odpowiednio 40 KHz i 600 KHz/.

Równocześnie, planując rozdział częstotliwości dla pracujących stacji radioliniowych R-409 M, należy mieć na uwadze częstotliwości przydzielone do pracy radiotelefonom K-1 /pasmo dolne od 75, 275 do 77, 725 MHz i pasmo górne od 85,075 do 87,525 MHz/, których pasmo odpowiada numerom fal od 152 do 177 i od 250 do 275 podzakresu "A" tej stacji radioliniowej /szerokość widma promieniowania radiotelefonu wynosi 30 kHz/.

W związku z zajętością pewnej liczby fal i pasm radiowych na terenie kraju na potrzeby radiofonii i telewizji obowiązują następujące ograniczenia w wykorzystaniu ich przez stacje radioliniowe /patrz załącznik 3/:

a/ zakresu "M" stacji radioliniowych R-405 Z nie można wykorzystywać całkowicie w promieniu 150 km w rejonie WARSZAWY, PRUDNIKA i WĄLCZA, ponieważ uniemożliwiają one odbiór telewizyjny;

b/ pasmo częstotliwości 66 + 70 MHz stacji radioliniowych można wykorzystywać na terenie kraju tylko z uwzględnieniem zajętości tego zakresu w poszczególnych regionach kraju przez radiofonię;

c/ zakres decymetrowy stacji radioliniowych R-405 Z można wykorzystywać bez ograniczeń;

d/ zakres fal stacji radioliniowych R-409 można wykorzystywać na terenie kraju z uwzględnieniem zajętości poszczególnych pasm przez telewi-

zję i radiofonię przy założeniu, że wzajemne zakłócenia występują w promieniu 100 + 150 km;

e/ ze względu na możliwość odbioru za pomocą cywilnych odbiorników radiofonicznych /w paśmie UKF - FM/ i telewizyjnych /w II kanale TV/ wiadomości przekazywanych w pierwszym kanale telefonizacyjnym zakresu "M" stacji radioliniowej R-405 Z, należy stosować przystawki inwersyjne.

#### 2.8.2. Zasady zapewnienia kompatybilności elektromagnetycznej pracy środków radioliniowych w strefie bliskiej

Wzajemnymi zakłóceniami strefy bliskiej nazywamy zakłócenia pomiędzy skoncentrowanymi na niedużej przestrzeni /lub w jednym obiekcie/ środkami promieniującymi energię elektromagnetyczną, pracującymi na różnych częstotliwościach.

Zasadniczymi przyczynami występowania tych zakłóceń są:

- niedostateczne wytlumienia sygnałów sąsiednich częstotliwości roboczych, sygnałów o częstotliwości równej częstotliwości pośredniej i sygnałów lustrzanych;

- tworzenie się częstotliwości kombinowanych na skutek oddziaływania na odbiornik sygnałów różnych nadajników, a także heterodyn samych odbiorników;

- promieniowanie mocy tak przez anteny, jak i przez słabo ekranowane elementy urządzeń o częstotliwościach harmonicznych sygnałów podstawowych pracujących nadajników oraz heterodyn;

- blokowanie pracy odbiorników w szerokim paśmie częstotliwości przez pracujące w pobliżu nadajniki o odpowiednio dużych mocach.

Stosunkowo największe zakłócenia w odbiorze sygnałów przez odbiorniki stacji radioliniowych powodują "sygnały lustrzane", tzn. sygnały o częstotliwościach różniących się od częstotliwości roboczej odbiornika o wartość podwójnej częstotliwości pośredniej  $/2 f_p/$  tego odbiornika. Jeżeli więc w danym odbiorniku częstotliwość heterodyny  $/f_h/$  jest mniejsza od częstotliwości sygnału odbieranego  $/f_{sl}/$ , to  $f_{sl} = f_s - 2 f_p$ , a gdy odwrotnie  $/f_h > f_s/$ , wówczas  $f_{sl} = f_s + 2 f_p$ . W wypadku gdy do odbiornika dociera sygnał o częstotliwości lustrzanej, na mieszaczu daje on również sygnał o częstotliwości pośredniej, przy czym prawdopodobieństwo wystąpienia sygnałów lustrzanych w zakresie przestrajania odbiornika jest tym większe, im mniejsza jest częstotliwość pośrednia. W tabeli 2.2 przedstawiono wartości częstotliwości pośrednich /pierwszych częstotliwości pośrednich/ dla poszczególnych stacji radioliniowych oraz charakter przemiany częstotliwości.

Tabela 2.2

## Częstotliwości pośrednie stacji radioliniowych

Typ radiolinii		Wartość $f_p$ MHz	Charakter przemiany
R-405 Z	"M"	8,6	$f_h < f_s$
	"DCM"	31,8	$f_h < f_s$
R-409 M	"A"	9	$f_h < f_s$
	"B"	18	$f_h < f_s$
	"C"	36	$f_h < f_s$
R-404		30	$f_h < f_s$

Obok sygnału lustrzanego  $/f_{sl}/$  tworzą się również dodatkowe sygnały kombinacyjne /wskutek przemiany na częstotliwościach harmonicznych/, rozmieszczone w paśmie między sygnałem użytecznym  $/f_s/$ , a sygnałem lustrzanym. Odstęp częstotliwości tych sygnałów od częstotliwości pracy odbiornika wynosi  $f_p$ ,  $2 f_p$  oraz  $1/2 f_p$  i  $1/3 f_p$ ,  $1/4 f_p$ .

Jeżeli zakłócający nadajnik znajduje się na innej stacji rozmieszczonej w pobliżu, to sygnał od tego nadajnika "przedostaje się" na wejście rozpatrywanego odbiornika z reguły poprzez anteny. W związku z tym należy przestrzegać warunku selektywności przestrzennej anten stacji radioliniowych.

Sygnał zakłócający od nadajnika tej samej stacji "przedostaje się" od odbiornika tak przez antenę, jak i bezpośrednio na skutek niedokładnego ekranowania obwodów i całych urządzeń. Dlatego przy wyznaczaniu częstotliwości pracy dla urządzeń nadawczo-odbiorczych jednej stacji radiolinowej stosuje się ostrzejsze kryteria niż przy rozdziale częstotliwości dla tych urządzeń różnych stacji radioliniowych rozmieszczonych na ściśle ograniczonym obszarze.

Przy rozmieszczeniu stacji radioliniowych w terenie należy więc stosować odstęp terytorialny od 200 do 300 m między nimi, przy czym jeżeli liczba stacji jest większa od czterech, należy je rozmieszczać w grupach z zachowaniem między grupami odległości 800 + 1000 m. Pomiędzy stacjami radiolinowymi a radiostacjami należy zachować odległość 500 + 1000 m,

przy czym w wypadku radiostacji KF dużej mocy nawet 2 km i więcej.

Przy doborze częstotliwości dla stacji radioliniowych w strefie bliskiej należy przestrzegać następujących zasad:

a/ dla stacji radioliniowej R-404

- minimalny odstęp między nadajnikami /odbiornikami/ tej samej stacji nie może być mniejszy lub równy 30 MHz /3 numery fal/ w celu uniknięcia wzajemnego oddziaływania na siebie, m.in. poprzez powstawanie częstotliwości kombinacyjnej równej częstotliwości pośredniej  $f_p = 30 \text{ MHz}$ ;

- minimalny odstęp między dowolnymi nadajnikami /odbiornikami/ pracującymi na tym samym węźle łączności nie może być mniejszy od 30 MHz /3 numery fal w celu uniknięcia wzajemnego oddziaływania na siebie;

- w celu uniknięcia zakłóceń "lustrzanych" i "kombinacyjnych" odbiornika należy dla doboru częstotliwości roboczych dla jednego półkompletu radiolinii korzystać z nomogramu przedstawionego w załączniku 4.

Na nomogramie zakresowany pas środkowy, zajmujący pasmo szerokości 130 MHz /13 fal roboczych/, odpowiada zakresowi sumarycznych zakłóceń częstotliwości roboczej i lustrzanej, pochodzących od nadajników znajdujących się w jednym stojaku z odbiornikami. Natomiast zakresowane obszary w rogach nomogramu obrazują zakres częstotliwości pracy stacji radioliniowej R-404, którego nie można stosować z powodu powstawania różnych kombinacji mieszania częstotliwości. Przykład doboru częstotliwości przedstawiono na nomogramie.

b/ dla stacji radioliniowej R-409 M

- odstęp częstotliwości roboczych własnego i sąsiednich nadajników /w tej liczbie nadajników innych podzakresów, stacji radioliniowych R-405 Z, radiotelefonów K-1, R-407 i radiostacji R-137/ od częstotliwości pracy każdego odbiornika powinien być nie mniejszy niż 10% częstotliwości roboczej. W tym celu można korzystać z nomogramu przedstawionego na załączniku 5;

- najmniejszy odstęp między częstotliwościami roboczymi odbiorników /i odpowiednio nadajników/ pracujących na jednym punkcie dowodzenia powinien być nie mniejszy niż 2 numery fal roboczych. W wypadku rozmieszczenia stacji w bezpośredniej odległości od siebie lub do pracy stacji na jednym kierunku równoległym częstotliwości robocze odbiorników /nadajników/ powinny być nie mniejsze niż 4 numery fal roboczych;

- różnica częstotliwości roboczych dwóch dowolnych nadajników tej sa-

mej stacji nie powinna wynosić 45 i 90 numerów, ponieważ ich kombinacja daje w mieszaczu częstotliwość równą częstotliwości pośredniej /9, 18, 36 MHz dla podzakresu A, B i C/;

o/ dla stacji radioliniowej R-405 Z  
w zakresie metrowym:

- dla nadajnika i odbiornika tego samego półkompletu, pracującego na antenę prętową lub antenę Yagi o jednej polaryzacji z wykorzystaniem bloku filtrów antenowych, przydzielać fale umowne z odstępem równym 67 numerów. W celu uproszczenia rozdziału fal roboczych należy tę samą zasadę stosować również podczas pracy nadajnika i odbiornika na anteny typu Yagi o różnej polaryzacji;

- między częstotliwością dowolnego nadajnika i częstotliwością dowolnego odbiornika, pracujących na jednym węźle łączności, należy zachować odstęp ochronny co najmniej 2,6 MHz, co odpowiada 35 numerom fal umownych;

- między dwoma dowolnymi odbiornikami, pracującymi na jednym węźle łączności, należy zachować odstęp ochronny 150 kHz /2 numery fal umownych/. W wypadku rozmieszczenia stacji radioliniowych w niewielkich odległościach /dwa półkomplety jednej stacji radioliniowej/ lub podczas równoległej pracy dwu półkompletów radioliniowych odstęp ochronny powinien być dwukrotnie większy i wynosić 300 kHz /4 numery fal umownych/;

- pasmo częstotliwości, w granicach którego można wydzielić częstotliwości robocze nadajników /odbiorników/, nie może być szersze niż 2, 4 MHz, co odpowiada 32 numerom fal umownych;

- różnica między częstotliwością roboczą dowolnego nadajnika a częstotliwością roboczą dowolnego odbiornika tej samej stacji /lub stacji pracującej w bezpośredniej styczności/ nie może równać się częstotliwości pośredniej lub jej podharmonicznej, tzn. 3,3 i 6,6 MHz, co odpowiada 44 i 88 numerom fal umownych;

- w wypadku niemożności zastosowania warunku pierwszego /67 numerów fal umownych między nadajnikiem a odbiornikiem tego samego półkompletu stacji radioliniowej/, czego przykładem może być praca stacji radioliniowych w "trójkacie", należy dobierać fale według następujących zasad:

1/ Zachować odstęp ochronny przynajmniej 15 numerów fal umownych między dowolnym nadajnikiem i dowolnym odbiornikiem.

2/ Między częstotliwościami przydzielonymi dla półkompletów jednej stacji radioliniowej powinna być spełniona następująca nierówność:

$$\frac{N_{nad1} + N_{odb1}}{2} \neq N_{nad2}$$

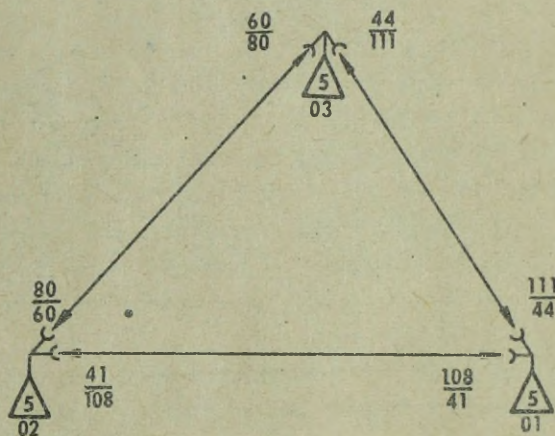
gdzie:  $N_{nad1}$  - numer fali umownej nadajnika jednego półkompletu;  
 $N_{odbi1}$  - numer fali umownej odbiornika tego samego półkompletu;  
 $N_{nad2}$  - numer fali umownej nadajnika drugiego półkompletu.

3/ Różnica między częstotliwościami roboczymi dwóch nadajników nie może być równa 44 lub 48 numerom fal umownych;

4/ Najmniejszy odstęp częstotliwości roboczych dla odbiorników jednej stacji radioliniowej nie może być mniejszy niż dwa numery fal umownych.

5/ Różnica między częstotliwościami roboczymi nadajnika i odbiornika danej stacji nie może być równa 44 lub 88 numerom fal umownych.

Przykład doboru fal zgodnie z powyżej przedstawionymi pięcioma warunkami przedstawia rysunek 2.23.



Rys. 2.23. Przykład doboru częstotliwości dla stacji radioliniowych R-405Z /w zakresie metrowym/ pracujących w układzie "trójkąta"

d/ dla stacji R-405Z w zakresie decymetro-  
wym

- odstęp częstotliwości nadawania i odbioru /jednego półkompletu/ musi być równy dokładnie 50 numerów fal umownych;
- odstęp ochronny między częstotliwością dowolnego nadajnika i częstotliwością dowolnego odbiornika rozmieszczonych na jednym węźle łączności nie może być mniejszy niż dwa numery fal umownych;
- podczas jednoczesnej pracy danej stacji radioliniowej lub kilku stacji radioliniowych na jednym węźle łączności tak w zakresie "M", jak i "DCM" wyboru częstotliwości roboczych należy dokonywać z uwzględnieniem niedopuszczalnych kombinacji przedstawionych w załączniku 6.

### Rozdział 3

## ZASADY WYKORZYSTANIA POŁOWYCH TELEFONICZNYCH I TELEGRAFICZNYCH ŚRODKÓW ŁĄCZNOŚCI

### 3.1. Wstęp

Sygnały elektryczne, pokonując przestrzeń pomiędzy nadawcą i odbiorcą wiadomości, rozprzestrzeniają się za pośrednictwem węzłów i linii łączności, tj. wzdłuż łańcuchów telekomunikacyjnych /zestawianych okresowo lub na dłuższy okres/, obejmujących urządzenia abonenckie, łączeniowe i teletransmisyjne. Obieg sygnałów elektrycznych może być zakłócany z różnych powodów, a mianowicie w wyniku:

- oddziaływania nieprzyjaciela na węzły łączności i linie łączności środkami rażenia i walki radioelektronicznej;
- skażeń sygnału, wywołanych obiektywnie występującymi właściwościami dróg przesyłowych;
- skażeń sygnału, wywołanych oddziaływaniem różnych źródeł energii /szumy podzespołów, zapewnienie w niedostatecznym stopniu kompatybilności elektromagnetycznej itp./;
- niewłaściwego sprzężenia różnych urządzeń i kanałów łączności.

Zapewnienie poprawnej transmisji sygnałów elektrycznych w polowych systemach łączności wiąże się z rozpatrzeniem przede wszystkim następujących problemów:

- zwiększenia odporności punktów dowodzenia, węzłów i linii łączności na oddziaływanie nieprzyjaciela środkami rażenia i walki radioelektronicznej;
- kryteriów poprawnego zestawienia pod względem techniczno-eksploatacyjnym łańcuchów telekomunikacyjnych wykorzystywanych w polowych systemach łączności;
- kryteriów warunkujących poprawność sprzężenia wykorzystywanych środków i urządzeń łączności.

W niniejszym rozdziale wykazano uwarunkowania zwiększające efektywność dowodzenia wojskami za pomocą środków radioliniowych i przewodowych, stanowiących na wyższych szczeblach dowodzenia /od dywizji wzwyż/ podstawowe środki łączności /odpowiednio w działaniach zaczepnych i obronnych/.

Znajomość tych uwarunkowań oraz praktyczne stosowanie teoretycznie uzasadnionych rozwiązań warunkuje poprawność planowania łączności i kierowania jej eksploatacją.

### 3.2. Wymagania /kryteria/ techniczno-eksploatacyjne stawiane wojskowym łańcuchom telekomunikacyjnym

#### 3.2.1. Wstęp

Za pomocą polowych systemów łączności stosowanych w wojskach lądowych, obejmujących węzły i linie łączności, zapewnia się dowództwom i sztabom różne rodzaje łączności, a przede wszystkim:

- telefoniczną łączność jawną i utajnioną;
- telegraficzną łączność jawną i utajnioną;
- teledacyjną łączność utajnioną, zwaną transmisją danych cyfrowych.

We wszystkich przypadkach polowy system łączności umożliwia zapewnienie łączności między dowolnymi punktami oraz osobami funkcyjnymi. Możliwości takie uzyskuje się w wyniku zapewnienia możliwości komutowania:

- urządzeń abonenckich /końcowych/ między sobą /połączenia wewnętrzne/;
- urządzeń abonenckich z dowolnymi łączami dalekosiężnymi doprowadzonymi do węzła łączności /dalekosiężne połączenia końcowe/;
- dowolnych łączów dalekosiężnych doprowadzonych do węzła łączności między sobą /dalekosiężne połączenie tranzytowe zestawiane w celu zapewnienia łączności na drodze okrężnej/.

Stosowana w polowych systemach łączności wariantowość połączeń umożliwia zestawienie bardzo zróżnicowanych telefonicznych i telegraficznych łańcuchów telekomunikacyjnych, mogących mieć w swoim składzie:

- w wypadku połączenia wewnętrznego na punkcie dowodzenia w łańcuchu wystąpią urządzenia abonenckie /końcowe/, łącza abonenckie i urządzenie łączeniowe /komutacyjne/;

- w wypadku dalekosiężnego połączenia bezpośredniego między abonentami dwóch różnych punktów dowodzenia w łańcuchu wystąpią urządzenia abonenckie /końcowe/, urządzenia łączeniowe /komutacyjne/, łącza abonenckie oraz jedno łącze dalekosiężne;

- w wypadku połączenia okrężnego między abonentami dwóch różnych punktów dowodzenia w łańcuchu wystąpią urządzenia abonenckie /końcowe/, urządzenia łączeniowe /komutacyjne/, łącza abonenckie oraz określona liczba łączów dalekosiężnych.

Powstaje zatem pytanie: jaki może być maksymalny skład łańcucha telekomunikacyjnego zapewniającego poprawny odbiór nadanej wiadomości /tj. dostateczną głośność, zrozumiałość lub wierność/ i jakie kryteria ograniczają jego skład?

Kryteriami ograniczającymi zasięg łączności uzyskiwany w polowych systemach łączności są:

- tłumienie sygnału elektrycznego wnoszone przez elementy składowe łańcucha teletransmisyjnego na drodze od nadawczego do odbiorczego urządzenia abonenckiego;

- skażenia sygnału elektrycznego powodowane niepożądanymi właściwościami drogi telekomunikacyjnej lub oddziaływaniem na drogę telekomunikacyjną szumów obcych, pochodzących z otoczenia.

Należy przy tym podkreślić, że rozpatrywane w niniejszym rozdziale zasięgi łączności i kryteria ograniczające zasięg łączności odnoszone są nie tylko do pojedynczych łączy /elementów składowych łańcucha/, lecz przede wszystkim do komutowanych łańcuchów telekomunikacyjnych o zmiennych składowych, obejmujących różną liczbę łączy /elementów składowych łańcucha/.

Zasięgi łączności oraz inne charakterystyki dla pojedynczych łączy, zestawianych za pomocą różnych środków łączności, są jednoznacznie określone w danych taktyczno-technicznych sprzętu łączności. Zasięgi łączności w odniesieniu do środków radioliniowych i wielokrotnionych linii kablowych mogą wynosić:

- |   |               |
|---|---------------|
| - R-404   | - do 1000 km; |
| - R-409   | - do 250 km;  |
| - R-405Z  | - do 120 km;  |
| - linii kablowych PKD-2x2 wielokrotnionych urządzeniami P-304, P-318, UTrW-3/6 lub UTgW - 3/6 | - do 500 km.  |

W niniejszym rozdziale rozważany jest inny problem - a mianowicie kompleksowego wykorzystania polowych systemów łączności - polegający między innymi na ustaleniu maksymalnego składu telefonicznego i telegraficznego łańcucha teletransmisyjnego, obejmującego kilka dalekosiężnych łączy pojedynczych /o różnych zasięgach łączności/, różne urządzenia komutacyjne, łącza abonenckie oraz urządzenia końcowe. Rozstrzygnięcie tego problemu polega na ustaleniu:

a/ dopuszczalnej wartości tłumienności łańcucha telekomunikacyjnego, tzw. tłumienności wynikowej, i wartości tłumienia wnoszonego przez elementy składowe łańcucha;

b/ dopuszczalnych skażeń sygnału elektrycznego, obejmujących:

1. Zniekształcenia sygnału /tłumieniowe/ - występujące w związku ze zróżnicowanym tłumieniem poszczególnych częstotliwości sygnału, opóźnieniowe /fazowe/ - wynikające ze zróżnicowanego opóźnienia poszczególnych składników widma sygnału, nieliniowe - wynikające z powstawania dodatkowych składników widma sygnału w stosunku do sygnału pierwotnego w układach nieliniowych/.

2. Skażenia sygnału szumami własnymi drogi przesyłowej - wywoływane ruchami cieplnymi elektronów w przewodnikach /tzw. szum cieplny/, zlymi stykami występującymi głównie na centralach oraz przenikaniem energii zakłócającej z innych kanałów tej samej linii /przesłuch/.

3. Skażenia sygnału szumami obcymi - pochodzącymi od urządzeń zasilających, wyładowań atmosferycznych, środków promieniujących energię elektromagnetyczną itp.

### 3.2.2. Wymagania /kryteria/ stawiane łączności telefonicznej

Wymagania stawiane łączności telefonicznej odnoszą się do:

- komutowanej telefonicznej łączności jawnej;
- łączy telefonicznych przeznaczonych do utajnienia;
- łączy telefonicznych przeznaczonych do wtórnego zwielokrotnienia urządzeniami telegrafii wielokrotnej i transmisji danych cyfrowych.

Sprecyzowania wymagań można dokonać na podstawie zaleceń "Międzynarodowego Komitetu Doradczego do spraw Telefonii i Telegrafii", oznaczonego w skrócie CCITT /skrót pochodzi od francuskiej nazwy Komitetu/, odpowiednio adaptowanych do polowych systemów łączności. Obejmują one ustalenia w zakresie:

- szerokości pasma częstotliwości skutecznie przenoszonych;
- wartość tłumienności wynikowej komutowanych telefonicznych łańcuchów telekomunikacyjnych;
- dopuszczalnych zniekształceń tłumieniowych;
- dopuszczalnych zniekształceń opóźnieniowych;
- dopuszczalnych zniekształceń nieliniarnych;
- dopuszczalnych krótkotrwałych przerw i zakłóceń impulsowych;
- dopuszczalnego stosunku sygnału do szumów.

Ponadto ujęto problem zapewnienia bezpieczeństwa wiadomości przekazywanych przez techniczne środki łączności.

Przestrzeganie wymagań stawianych łączności telefonicznej w toku planowania i eksploatacji polowych systemów łączności decyduje o jakości świadczonych przez wojska łączności usług dowództwom i sztabom, a tym samym sprzyja wykonaniu zadań przez wojska.

#### 3.2.2.1. Szerokość pasma częstotliwości skutecznie przenoszonych

Analiza widma sygnału mowy ludzkiej umożliwiła ustalenie jednego z najważniejszych parametrów w łączności telefonicznej, tj. granic, do

jakich można ograniczyć szerokość pasma kanałów telefonicznych, nie powodując utraty zrozumiałości i naturalnej barwy głosu różnych osób. Ustalenia te są istotne z punktu widzenia ekonomicznego /koszty urządzeń teletransmisyjnych, zajętość fal radiowych itp./.

Obszar słyszalności tonów o różnych częstotliwościach przez ucho ludzkie leży w granicach od 20 do 18000+20000 Hz. Okazało się jednak, że dla artystycznego odtworzenia dźwięków dostateczne jest pasmo od 50 do 10000 Hz /radiofonia/, natomiast dla telefonii porozumiewawczej można ograniczyć pasmo w granicach od 300 do 2700+3400 Hz.

Dla transmisji telefonicznych CCITT zalecilo pasmo skutecznie przeno-  
nych częstotliwości o szerokości od 300 do 3400 Hz. Częstotliwości te są skutecznie przenoszone w kanałach telekomunikacyjnych w tym wypadku, gdy tłumienność poszczególnych częstotliwości w paśmie 300+3400 Hz w tym kanale nie będzie większa niż 8,7 dB /1 Np/ w stosunku do tłumienności częstotliwości reprezentatywnej równej 800 Hz, tj.:

$$A_f - A_{800 \text{ Hz}} = 8,7 \text{ dB} /1 \text{ Np/}$$

gdzie:  $A_f$  - tłumienność poszczególnych częstotliwości w paśmie 300 - 3400 Hz;

$A_{800 \text{ Hz}}$  - tłumienność częstotliwości reprezentatywnej równej 800 Hz.

Większość środków radiolinowych i przewodowych /np. R-404, R-409, P-304, UTYW-3/6/ dysponuje kanałami telefonicznymi o szerokości pasma wynoszącej 300-3400 Hz.

W polowych systemach łączności stosowane są również kanały telefoniczne węższe o szerokości pasma 300+2700 Hz /np. R-405Z/. Węższe kanały telefoniczne wykorzystywane są również w wypadku zastosowania urządzenia wtórnego zwielokrotnienia telegrafii wielokrotnej nadakustycznej typu TgF - 2 PM.

Oznacza to, że kanały telefoniczne wykorzystywane w polowych systemach łączności do łączności jawnej zapewniają szerokość pasma częstotliwości skutecznie przenoszonych w granicach od 300 Hz do 2700+3400 Hz.

Kanały telefoniczne przeznaczone do utajniania aparaturą "WCz" powinny zapewniać przenoszenie sygnałów w paśmie 300+3400 Hz, natomiast przeznaczone do utajniania urządzeniami telefonicznymi TI powinny zapewniać szerokość pasma częstotliwości skutecznie przenoszonych od 300 Hz do 2700 Hz lub 3400 Hz.

Kanały telefoniczne przeznaczone do wtórnego zwielokrotnienia powinny zapewniać przenoszenie sygnałów w zależności od typu urządzenia zwielokrotniającego w paśmie:

- P-318 praca 12-kanałowa: 400 Hz + 2480 Hz;
- P-318 praca 6-kanałowa: 1480 Hz + 2480 Hz;
- UTgW-3/6 praca 6-kanałowa: 1480 Hz + 2580 Hz;
- UTgW-3/6 praca 3-kanałowa: 1480 Hz + 1940 Hz lub 2020 Hz  
+ 2480 Hz;
- transmisja danych cyfrowych  
typu "Kaozeniec" + 300 Hz + 2700 Hz.

Rozpatrując wykorzystanie kanałów telefonicznych w łańcuchach telekomunikacyjnych, należy zwrócić uwagę, że ze wzrostem ilości modemów<sup>7/</sup> występujących w łańcuchu spełnienie warunku:  $A_f - A_{800 \text{ Hz}} = 8,7 \text{ dB} / 1 \text{ Np}$ , jest coraz trudniejsze.

W telekomunikacyjnych urządzeniach wojskowych wzrost tłumienności częstotliwości na krańcach pasma kanałów telefonicznych w wyniku zwiększenia się liczby modemów w łańcuchach telefonicznych występuje w następującej skali:

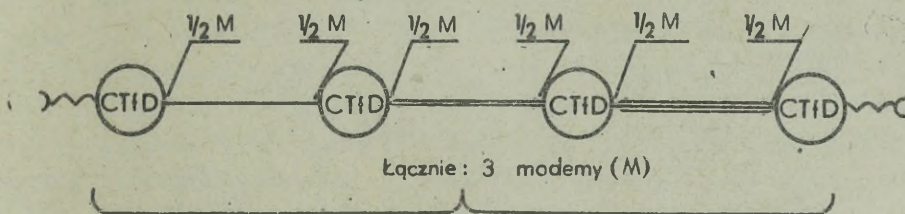
- przy jednym modemie /tłumienność wynikowa częstotliwości przenoszonych na krańcach kanału telefonicznego w stosunku do tłumienności częstotliwości reprezentatywnej 800 Hz/ - nie przekracza wartości 3 dB/0,35Np/;
- przy dwóch modemach - wzrasta do około 6 dB /0,7 Np/;
- przy trzech modemach tłumienność wynikowa częstotliwości przenoszonych na krańcach pasma w stosunku do tłumienności częstotliwości reprezentatywnej wzrasta do wartości granicznej i osiąga wartość 8,7 dB /1 Np/.

Powyższy normatyw pozwala ustalić maksymalny skład komutowanego telefonicznego łańcucha telekomunikacyjnego /zasięg łączności/, który może obejmować trzy telefoniczne łącza dalekosiężne, cztery telefonizne centrale dalekosiężne /w tym dwie centrale dalekosiężne zestawiające dalekosiężne połączenia końcowe i dwie centrale dalekosiężne zestawiające połączenia tranzytowe/, dwa łącza i urządzenia abonenckie /rys. 3.1/.

Ustalenia dotyczące maksymalnego składu telefonicznego łańcucha teletransmisyjnego pozwalają wysnuć następujące wnioski:

- po pierwsze: zapewnia się łączność w relacji przełożony - podwładny /1 modem/;
- po drugie: zapewnia się łączność przełożony - podwładny o jeden szczebel niższego podporządkowania /2 modemy/;
- po trzecie: zapewnia się łączność na kierunkach okrężnych /3 modemy/, na przykład pomiędzy abonentami KSD armii i KSD dywizji poprzez WŁ SD armii i WŁ SD dywizji.

7/ Modem - pełny cykl modulacyjno-demodulacyjny /całkowita przemiana sygnału: mała częstotliwość - wielka częstotliwość i wielka częstotliwość - mała częstotliwość/.



Rys. 3.1. Maksymalny skład komutowanego telefonicznego łańcucha telekomunikacyjnego /kryterium zasięgu łączności telefonicznej/ łączności/

3.2.2.2. Wartość tłumienności wynikowej dla telefonicznych łańcuchów telekomunikacyjnych /rozkład tłumienności w polowych systemach łączności/

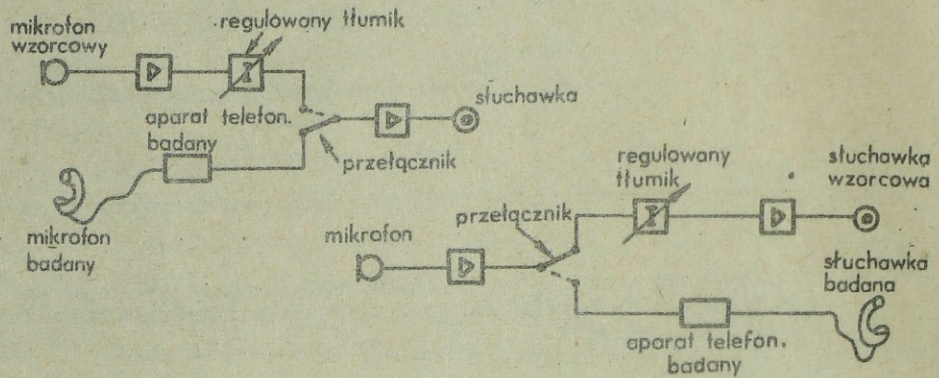
Międzynarodowy Komitet Doradczy ds. Telefonii i Telegrafii /CCITT/ zalecił dla telefonicznego łańcucha telekomunikacyjnego tłumienność wynikową 40 dB /4,6 Np/, a następnie w celu poprawienia słyszalności i zrozumiałości między abonentami wartość mniejszą, tj. 36 dB /4,16 Np/. W odniesieniu do polowych systemów łączności przyjęto poprzedni normatyw, tj. 40 dB /4,6 Np/.

Tłumienność wynikowa dla dowolnie wybranego jednego kierunku transmisji obejmuje sumę:

- tłumienności odniesienia aparatu telefonicznego /abonenta A/ na nadawanie;
- tłumienności skutecznej telefonicznego kanału teletransmisyjnego /łączącego abonenta A z abonentem B/;
- tłumienności odniesienia aparatu telefonicznego /abonenta B/ na odbiór.

Pomiar tłumienności odniesienia aparatów telefonicznych na nadawanie i odbiór jest dokonywany za pomocą wzorcowego mikrofonu i słuchawki przez porównanie uzyskiwanej siły głosu z wzorców i badanego aparatu telefonicznego. Zrównania sił głosu dokonuje się za pomocą tłumika regulowanego. Tłumienność odniesienia badanego aparatu telefonicznego na nadawanie i odbiór jest równa wartościom tłumienności wnoszonej przez tłumik regulowany i jest odczytywana na jego skali wartości.





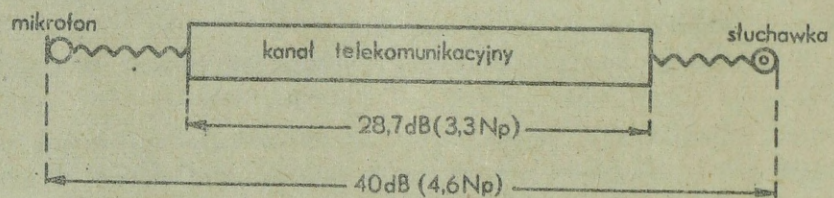
Rys. 3.2. Układy do pomiaru tłumienności odniesienia aparatów telefonicznych

Tłumienność odniesienia połowych aparatów telefonicznych wynosi:

- na nadawanie: 8,7 dB /1 Np/;
- na odbiór: 2,6 dB /0,3 Np/;
- łącznie: 11,3 dB /1,3 Np/.

Tłumienność skuteczna telefonicznego łańcucha telekomunikacyjnego /bez aparatów telefonicznych/ może wynosić maksymalnie:

$$40 \text{ dB} /4,6 \text{ Np/} - 11,3 \text{ dB} /1,3 \text{ Np/} = 28,7 \text{ dB} /3,3 \text{ Np/}$$



Rys. 3.3. Rozkład tłumienności w telefonicznych łańcuchach telekomunikacyjnych

Normatyw tłumiennościowy w odniesieniu do wojskowych łańcuchów telekomunikacyjnych należy rozpatrzyć z punktu widzenia:

- zapewnienia dowolnemu abonentowi podłączonemu do telefonicznej łączności dalekosiężnej uzyskania poprawnej łączności nie tylko w relacjach bezpośrednich /przełożony - podwładny/, ale również z funkcyjnymi dowództw i sztabów o dwa szczeble niższego /wyższego/ podporządkowania oraz na kierunkach określonych;

- ustalenia rodzajów urządzeń telekomunikacyjnych wchodzących w skład telefonicznych łańcuchów telekomunikacyjnych i wartości tłumienności skutecznych wnoszonych przez nie.

W jawnych sieciach telefonicznych wojsk operacyjnych wykorzystywane są:

a/ łącza telefoniczne /abonenckie i dalekosiężne/ zestawione na torach fizycznych linii przewodowych. Tłumienność skuteczna wnoszona przez łącza telefoniczne zestawione na torach fizycznych zależy od tłumienności jednostkowej torów przewodowych oraz ich długości;

b/ łącza telefoniczne /dalekosiężne/ zestawione na urządzeniach telefoni wielokrotnej /krotnościach telefonicznych/. W tym wypadku liczba łączy wykorzystywanych w łańcuchu telekomunikacyjnym jest ograniczona występowaniem modemów i tłumiennością wynikową łączy, która jest różna przy wyborze poszczególnych układów pracy kanałów telefonicznych w krotnościach;

c/ dalekosiężne centrale telefoniczne dysponujące obwodami dalekosiężnymi specjalnymi "DS", które wnoszą różną tłumienność przy połączeniach końcowych /abonent - łącze/ i tranzytowych /łącze - łącze<sup>8/</sup>, oraz obwodami typu "MB" /miejscowa bateria/, "CB" /centralna bateria/, CA /centralna bateria/ oraz mieszanymi MB /CB lub MB/ CA. Do obwodów "DS" należy doprowadzać telefonicznie łącza dalekosiężne zestawione za pomocą krotności telefonicznych, na przebiegu których występuje jeden modem /maksymalnie dwa modemy/ i są przeznaczone do telefonicznego ruchu tranzytowego oraz końcowego. Do obwodów "MB" należy doprowadzać telefonicznie łącza dalekosiężne zestawiane za pomocą krotności telefonicznych, na przebiegu których występują trzy modemy i w związku z tym nie mogą być wykorzystane do telefonicznego ruchu tranzytowego, lecz tylko do telefonicznego ruchu końcowego, a także telefonicznie łącza dalekosiężne zestawione na torach fizycznych linii przewodowych. Ponadto w łącznicach małej pojemności do

8/ Różnica tłumienności wynika z włączania /przy połączeniach końcowych abonent - łącze/ oraz wyłączania /przy połączeniach tranzytowych łącze - łącze tłumików tranzytowych, w które są wyposażone obwody "DS" central telefonicznych.

obwodów "MB" podłącza się linie abonenckie /abonentów telefonicznych/. Do obwodów "CB" podłącza się linie abonenckie /abonentów telefonicznych/. Mogą one być wykorzystane do współpracy telefonicznych łącznie dalekosiężnych z wewnętrznymi centralami typu CB. Obwody "CA" telefonicznych łącznie dalekosiężnych są wykorzystywane do współpracy telefonicznych łącznie dalekosiężnych z centralami wewnętrznymi typu CA. Obwody mieszane typu MB /CB i MB/ CA mogą być wykorzystane jako "CA", "CB" lub "MB". Należy mieć jednak na uwadze, że w wypadku wykorzystania obwodów mieszanych w charakterze obwodów MB tłumienność wnoszona przez łącznice jest dwukrotnie większa niż w wypadku wykorzystania czystych obwodów typu "MB" /1,74 dB zamiast 0,9 dB/.

Tłumienności jednostkowe wnoszone przez linie przewodowe /przy częstotliwości reprezentatywnej  $f = 800$  Hz/ do łańcucha telekomunikacyjnego przedstawia tabela 3.1.

Tabela 3.1

Wartości tłumienności jednostkowych linii kablowych

Typ linii przewodowej	Tłumienność jednostkowa	
	w dB/km	w Np/km
PKA	0,9	0,1
PKL	1,74	0,2
TKWK	1,13	0,13
TKD 1,2 mm /niepupinizowany/	0,43	0,05
TKD 1,2 mm /pupinizowany/	0,11	0,013
TKM 0,8 mm	0,7	0,08
Linia napowietrzna:		
brąz 3 mm	0,044	0,005
stal 3 mm	0,17	0,02

Urządzenia telefonii wielokrotnej są przystosowane w zasadzie do pracy dwutorowej<sup>9/</sup> /na liniach kablowych PKD-2x2 praca dwutorowa odbywa się na dwóch parach żył, natomiast w relacjach radioliniowych praca dwutorowa odbywa się na dwóch różnych częstotliwościach nadawczo-odbiorczych/.

9/ Krotnice telefoniczne są również przystosowane do pracy na liniach kablowych jednotorowych - w tym wypadku dwutor zapewnia się przez rozdział pasm częstotliwości nadawania i odbioru.

Wykorzystanie dwutorowych układów pracy na kierunkach dalekosiężnych krotnie telefonicznych spowodowane jest między innymi:

- niższymi częstotliwościami pracy, co umożliwia uproszczenie konstrukcji linii kablowych i zmniejszenie ich ciężaru jednostkowego;
- wyższą stabilnością pracy łączy;
- prostszą konstrukcją i eksploatacją przelotowych wzmacniaków obsługiwanych i nieobsługiwanych.

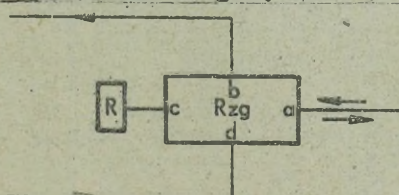
W celu zmniejszenia pracochłonności i materiałochłonności budowy kablowych sieci wewnętrznych na punktach dowodzenia oraz dalekosiężnych linii kablowych na szczeblach taktycznych wymienione wojskowe sieci telefoniczne są wykorzystywane jednotorowo. W związku z tym dwutorowe łącza zestawiane za pomocą krotnie telefonicznych, należało po stronie stacyjnej krotnie przystosować do pracy jednotorowej. Zamiana układu dwutorowego występującego po stronie liniowej na układ jednotorowy występujący po stronie stacyjnej jest w krotnicach dokonywana przez włączenie w punkcie dopasowania rozgałęźnika<sup>10/</sup>. Pomiędzy wyjściem rozgałęźnika i abonentem jest włączony tłumik nazywany tranzytowym /lub abonenta końcowego/<sup>11/</sup> o tłumienności 3,5 dB /0,4 Np/ /tylko w stacji radioliniowej R-405Z tłumienność tłumika tranzytowego wynosi 4,3 dB /0,5 Np//. Tłumik tranzytowy może być włączony pomiędzy rozgałęźnikiem i abonentem telefonicznym w krotnicy telefonicznej lub w dalekosiężnej łącznicy telefonicznej /obwody typu "DS"/.

Powstaje pytanie, które rozwiązanie jest stosowane? Okazuje się, że są stosowane obydwa rozwiązania.

Krotnice telefoniczne stosowane w polowych systemach łączności dysponują dwoma jednotorowymi układami pracy kanałów telefonicznych:

10/ Rozgałęźnik jest to 6szennik, tj. układ o czterech parach zacisków.

Zadaniem rozgałęźnika jest rozdział energii wg następującej zasady:



- umożliwia przekazywanie energii na przyległe pary zacisków, tzn. dochodzącą do punktu "a" na zaciski "b" i z zacisków "d" w kierunku zacisków "a";
- uniemożliwia przekazywanie energii do przeciwległej pary zacisków, np. z "d" do "b", przeciwdziałając tym samym wzbudzeniu się łączy.

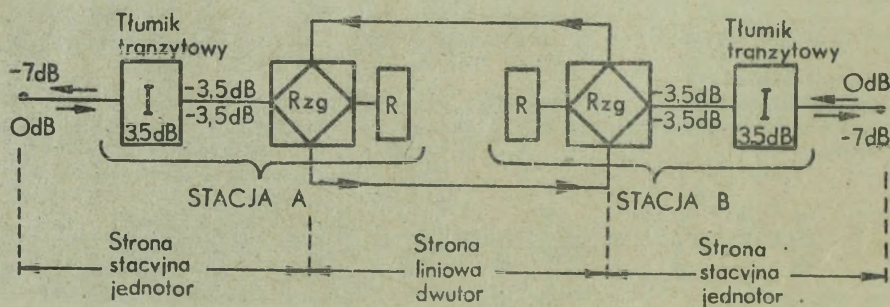
11/ Tłumik tranzytowy /abonenta końcowego/ włączony jest zawsze pomiędzy abonentem końcowym /wewnętrznym/ a wejściem stacyjnym krotnicy telefonicznej. Konieczność włączenia tłumika tranzytowego wynika z potrzeby zapewnienia stabilnej pracy łączy telefonicznych zakończonych jednotorowo po stronie stacyjnej. Stabilność telefonicznych łączy zakończonych po stronie stacyjnej jednotorowo uzyskuje się wtedy, gdy poziomy wejściowy i wyjściowy będą się różniły o 7 dB /0,8 Np/. Włączenie tłumików powoduje uzyskanie tej wymaganej różnicy poziomów.

- układem jednotorowym końcowym, w którym tłumik tranzytowy jest włączony w krotnicy telefonicznej;
- układem jednotorowym tranzytowym, w którym tłumik tranzytowy jest zwarty w krotnicy telefonicznej lub wyłączony /co jest jednoznaczne/.

Parametry kanałów telefonicznych zestawianych w układach "jednotor końcowy" i "jednotor tranzytowy" przedstawia tabela 3.2.

Układ kanału telefonicznego "jednotor końcowy" wyposażony w tłumik tranzytowy należy wykorzystywać do współpracy z urządzeniami /obwodami central/, które nie dysponują tłumikami tranzytowymi, na przykład z aparatami telefonicznymi /łącza bezpośrednio zakończone w wozach sztabowych, zestawione z pominięciem centrali telefonicznej na potrzeby ściśle określonych osób funkcyjnych/, z łącznicami telefonicznymi małej pojemności, nie posiadającymi obwodów typu "DS" /LP-10/, lub z obwodami MB łącznie telefonicznych średniej i dużej pojemności w wypadku zajętości obwodów typu "DS" przez inne łącza, a także w wypadku gdy łącza ma strukturę złożoną i występują na trasie jego przebiegu trzy modemy /łącze nie może być wykorzystane do połączeń tranzytowych, lecz tylko do połączeń końcowych/.

Łącza telefoniczne w układzie "jednotor końcowy" wnosi do łańcucha telekomunikacyjnego tłumienność odpowiednio 7 dB /0,8 Np/ lub 8,7 dB /1 Np/, tj. równą sumie tłumienności wnoszonych przez tłumiki tranzytowe, włączone na obu końcach łącza.

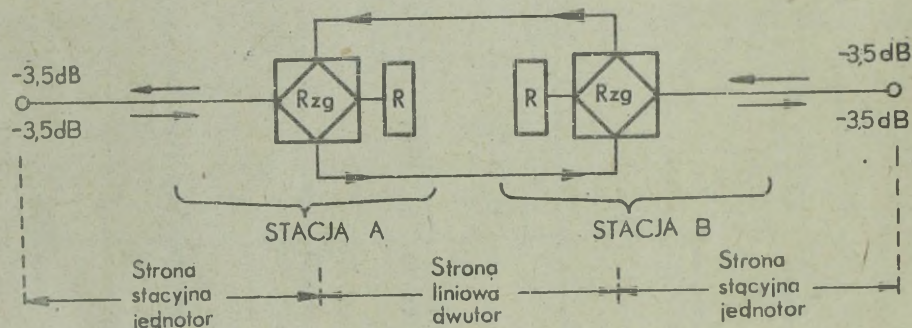


Rys. 3.4. Ideowy schemat łącza telefonicznego zestawionego w układzie "jednotor końcowy" z poziomami znormalizowanymi /R-409, R-404, P-304 i UTFW-3/6

Tabela 3.2

Nazwa układu jednorowego kanału telefonicznego	Oznaczenia układów pracy				Poziomy w dB /Np/		Złumienność łącza w dB /Np/
	R-405	R-409	R-404	P-304	wejście krotnicy /A <sub>wej</sub> /	wyjście krotnicy /A <sub>wyj</sub> /	
Jednoterkońcowy	-	2PR-OK	Nr 1	2PR-OK	1T-K	0 dB/ONp/ -7 dB /-0,8Np/	A <sub>wej</sub> -A <sub>wyj</sub> = 0 - /-7 dB/ = 7 dB /0,8Np/
	2TLF-K	-	-	-	-	-8,7 dB /-1Np/	A <sub>wej</sub> -A <sub>wyj</sub> = -8,7 dB -/-17,4 dB/ = 8,7 dB /1 Np/
Jednotertransytywy	-	2PR-T	Nr 2	2PR-TR	1T-TR	-3,5 dB /-0,4Np/	A <sub>wej</sub> - A <sub>wyj</sub> = 3,5 dB -/-3,5 dB/ = 0dB /ONp/
	2TLF-T	-	-	-	-	-13 dB /-1,5 Np/	A <sub>wej</sub> - A <sub>wyj</sub> = -1,5 dB -/-1,5 dB/ = 0dB /ONp/

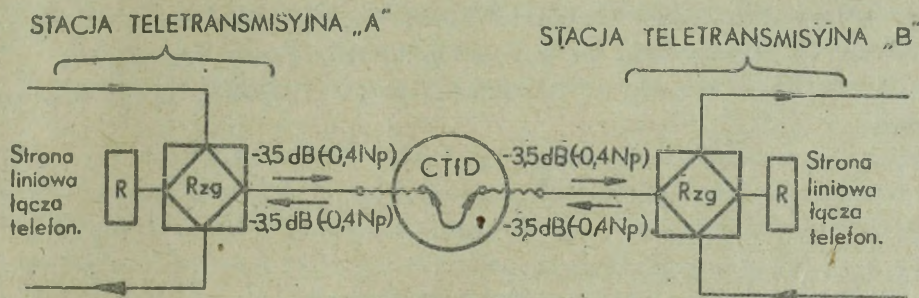
Układ kanału telefonicznego "jednotor tranzytowy", charakteryzujący się brakiem tłumików tranzytowych, należy wykorzystywać do współpracy z obwodami typu "DS" łącznic telefonicznych, które są wyposażone w tłumiki tranzytowe. Przy połączeniach końcowych /abonent - łącze/ na centrali należy włączyć tłumik tranzytowy w celu zrównoważenia rozgałęźnika, natomiast przy połączeniach tranzytowych /łącze - łącze/ nie występuje potrzeba równoważenia rozgałęźników /impedancje sprzężonych rozgałęźników są sobie równe/ i należy tłumik tranzytowy w obwodach łącznicy wyłączyć. Możliwość wyłączenia tłumików tranzytowych przy połączeniach tranzytowych pozwala na zmniejszenie tłumienności w łańcuchu telekomunikacyjnym. Należy przy tym mieć na uwadze, że łącza telefoniczne w układzie "jednotor tranzytowy" nie wnoszą tłumienności do łańcucha telekomunikacyjnego /ich tłumienność jest równa 0 dB/



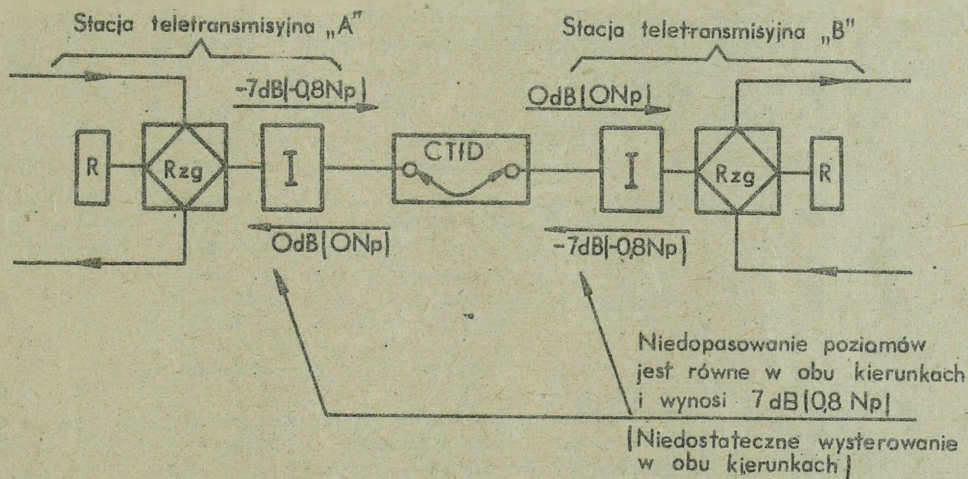
Rys. 3.5. Ideowy schemat łącza telefonicznego zestawionego w układzie "jednotor tranzytowy" z poziomami znormalizowanymi /R-409, R-404, P-304, U1fW-3/6/

Szczególnie istotną cechą łączy zestawionych za pomocą krotnic telefonicznych w układzie "jednotor tranzytowy" jest możliwość dopasowania poziomów /zasadnicze kryterium sprzęgania łączy/ przy dokonywaniu przez łącznice telefoniczne połączenia tranzytowego.

W wypadku sprzęgania w telefonicznym ruchu tranzytowym łączy telefonicznych zestawionych za pomocą krotnic telefonicznych w układzie "jednotor końcowy" nie ma możliwości dopasowania poziomów, a w związku z tym występuje ujemne zjawisko niedostatecznego wysterowania /zła słyszalność/.

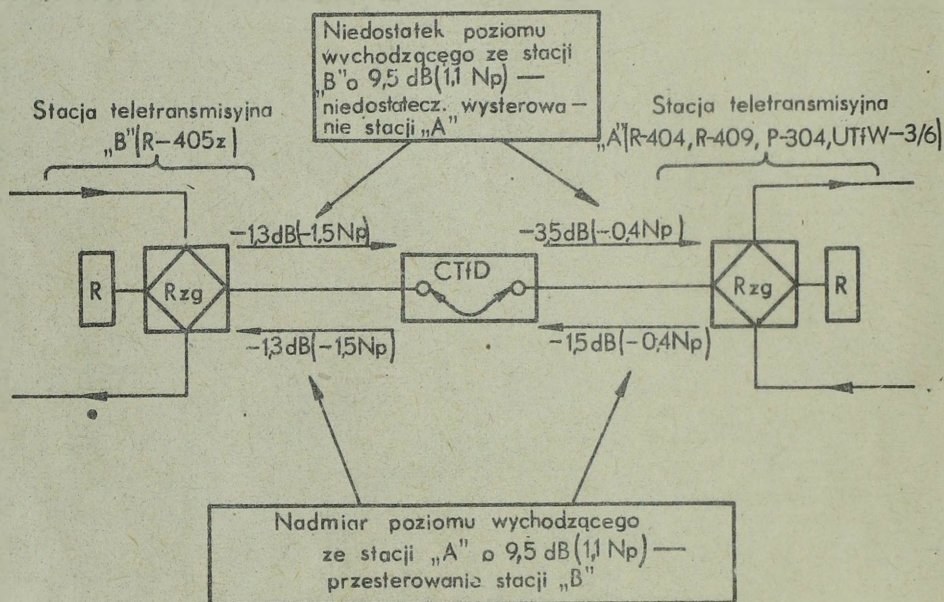


Rys. 3.6. Połączenia tranzytowe zestawione przez łącznicę telefoniczną pomiędzy łączeniami "jednotorowymi tranzytowymi" /zapewniające dopasowanie poziomów/



Rys. 3.7. Przykład wadliwego zestawienia połączenia tranzytowego przez centrale przy wykorzystaniu łączy zestawionych na krotnościach w układzie "jednotor końcowy" /brak dopasowania/

W polowych systemach łączności obiektywnie występuje zjawisko niedopasowania poziomów przy połączeniach tranzytowych w wypadku sprzęgnięcia łączy zestawianych w układzie "jednotorowym tranzytowym" pomiędzy krotnicami telefonicznymi ze znormalizowanymi poziomami /R-409, R-404, P-304, UTFW-3/6/ i stacji radioliniowej R-405Z, dysponującej odmiennymi poziomami.



Rys. 3.8. Przykład niedopasowania poziomów przy połączeniach tranzytowych pomiędzy łązami telefonicznymi zestawionymi w układzie "jednotor tranzytowy" za pomocą krotnic ze znormalizowanymi poziomami /R-404, R-409, P-304, UTFW-3/6/ i odmiennymi poziomami /R-405Z/

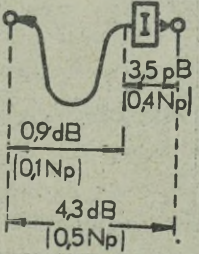
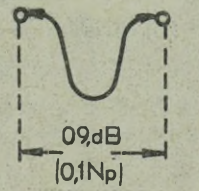
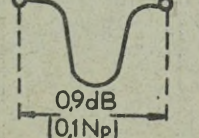
Z rysunku 3.8 i przedstawionych różnic poziomów wynika, że w wypadku zestawiania połączeń tranzytowych pomiędzy krotnicami ze znormalizowanymi poziomami i stacji radioliniowej R-405Z występuje na jednym kierunku transmisji przesterowanie wywołujące zniekształcenia sygnałów /pogorszenie zrozumiałości/ i przesłuchy między kanałami, natomiast na drugim kierunku transmisji występuje niedostateczne wystęrowanie

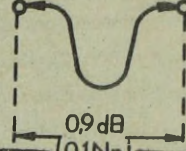
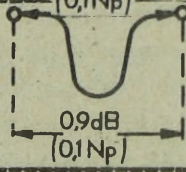
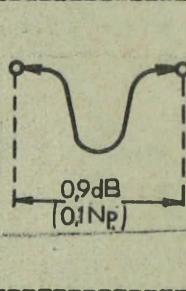
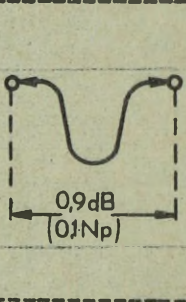
/zła słyszalność/. Należy równocześnie podkreślić, że w razie dokonywania połączeń tranzytowych przez centrale telefoniczne /łączy w układzie "jednotor tranzytowy"/ pomiędzy tylko stacjami radioliniowymi R-405Z występuje pełne dopasowanie poziomów przy wartościach - 13 dB /-1,5 Np/.

W celu oceny wartości tłumienności skutecznych wnoszonych przez poszczególne składniki do telefonicznych łańcuchów telekomunikacyjnych należy również ustalić wartości tłumienności wnoszonych przez łącznice telefoniczne. Wartość tłumienności skutecznych wnoszonych do telefonicznego łańcucha telekomunikacyjnego przez łącznice telefoniczne przy różnorodnych połączeniach abonentów bezpośrednich oraz tranzytowych przedstawia tabela 3.3.

Tabela 3.3

Wartości tłumienności skutecznych wnoszonych do telefonicznego łańcucha telekomunikacyjnego przez łącznice telefoniczne przy różnorodnych połączeniach abonentów bezpośrednich central telefonicznych oraz różnorodnych połączeniach tranzytowych

Rodzaj połączenia	Rodzaj obwodów łącznicy telefonicznej przy zestawieniu połączenia oraz rodzaj łączy telefonicznych	Schemat ideowy połączenia	Wartość tłumienności skutecznej
1	2	3	4
Dalekosiężne końcowe	Abonent bezpośredni typu "CB" /P-198M/ lub typu "MB" /LP-40/, łączy dalekosiężne typu "jednotor tranzytowy" doprowadzone do PW-10 /LP-40/ lub do obwodów "DS" /P-198M/		4,3 dB /0,5 Np/
	Abonent bezpośredni typu "MB" /LP-10, LP-40/ lub typu "CB" /P-198M/, łączy dalekosiężne typu "jednotor końcowy" lub zestawione na przewodowych torach fizycznych, doprowadzone do obwodów typu "MB" /P-198M, LP-40, LP-10/		0,9 dB /0,1 Np/
Dalekosiężne tranzytowe	Łączy telefoniczne zestawione w układzie "jednotor tranzytowe", doprowadzone do obwodów typu "DS" centrali telefonicznej /P-198M, PW-10/.		0,9 dB /0,1 Np/

1	2	3	4
Dalekosiężne tranzytowe	Łąca telefoniczne zestawione w układzie "jednotor końcowy" i doprowadzone do obwodów typu "MB" centrali telefonicznej /P-198M, LP-40/		0,9 dB /0,1 Np/
	Łąca telefoniczne zestawione na przewodowych torach fizycznych /PKA, PKL, linie napowietrzne itp./, doprowadzone do obwodów "MB" centrali telefonicznej /P-198M, LP-40, LP-10/		0,9 dB /0,1 Np/
	<p>Łąca telefoniczne różne:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- zestawione na przewodowym torze fizycznym /PKA, PKL/;</li> <li>- zestawione na krotnicach w układzie "jednotor końcowy".</li> </ul> <p>Łąca są doprowadzone do obwodów typu "MB" centrali telefonicznej /P-198M, LP-40/</p>		0,9 dB /0,1 Np/
	Łąca telefoniczne zestawione na przewodowym torze fizycznym /PKA, PKL/, doprowadzone do obwodu typu "MB", połączone tranzytowo z łączem zestawionym na krotnicy telefonicznej w układzie "jednotor tranzytowy" doprowadzonym do obwodów typu "DS" /P-198M, PW-10/		0,9 dB /0,1 Np/

Przegląd składników telefonicznych jawnych łańcuchów telekomunikacyjnych pozwala ustalić, z jakimi wartościami tłumienności skutecznej należy się liczyć. Dla częstotliwości reprezentatywnej /f = 800 Hz/ mogą one być następujące:

1. Łąca zestawiane za pomocą krotnicy telefonicznych w zależności od wykorzystywanego układu pracy kanału telefonicznego mogą wносить:

- łąca typu "jednotor końcowy" w wypadku znormalizowanych poziomów wnoszą tłumienność 7 dB /0,8 Np/, natomiast w wypadku nietypowych poziomów /R-405Z/ wnoszą tłumienność 8,7 dB /1 Np/;

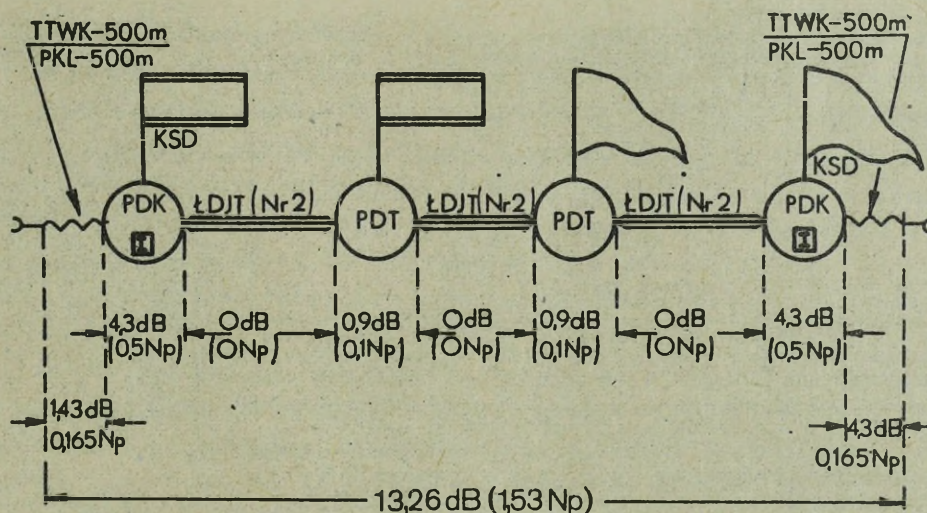
- łąca typu "jednotor tranzytowy" nie wnoszą tłumienności do łańcucha /0 dB/.

2. Łącza zestawione za pomocą przewodowych torów fizycznych wnoszą tłumienność zależną od długości linii i tłumienności jednostkowej poszczególnych typów linii.

3. Łącznice telefoniczne w zależności od połączenia wnoszą tłumienność 0,9 dB /0,1 Np/ lub 4,3 dB /0,5 Np/.

Biorąc za podstawę wyżej wymienione wartości, można rozpatrzyć rozkłady tłumienności dla różnych telefonicznych łańcuchów telekomunikacyjnych, dopuszczalne oddalenie środków teletransmisyjnych od środków łączeniowych, a także skutki złego zestawienia łańcucha /wadliwe planowanie lub kierowanie łącznością/.

W pierwszym przykładzie zostanie przeanalizowana możliwość zapewnienia łączności na określonej drodze telekomunikacyjnej pomiędzy KSD armii i KSD frontu. Przykład ten posłuży również do ustalenia dopuszczalnej odległości oddalenia środków teletransmisyjnych od środków łączeniowych, a także do wykazania skutków wadliwego wyboru układu pracy łączy telefonicznych /rys. 3.9, tabela 3.4, rys. 3.10 i rys. 3.13/.



Rys. 3.9. Rozkład tłumienności na kierunku określonym pomiędzy KSD armii i KSD frontu w wypadku rozmieszczenia stacji radioliniowych bezpośrednio przy centralach telefonicznych /abonenci są oddaleni od centrali na odległość 1000 m i podłączeni za pomocą kabli TTWK i PKL/. 1. LDJT /nr 2/ - łącza dalekosiężne jednotorowe tranzytowe /układ kanału telefonicznego krotnie stacji radioliniowej R-404 nr 2/. 2. PDT - połączenie dalekosiężne tranzytowe /tłumik tranzytowy wyłączony/. 3. PDK - połączenie dalekosiężne końcowe /tłumik tranzytowy włączony/

W wypadku rozmieszczenia stacji teletransmisyjnych bezpośrednio przy centralach telefonicznych i oddaleniu abonentów od centrali na odległość 1000 m /średnia odległość oddalenia abonentów na punktach dowodzenia szczebli operacyjnych/ tłumienność łańcucha telekomunikacyjnego obejmującego trzy łącza dalekosiężne i cztery centrale jest mniejsza od dopuszczalnej wartości 28,7 dB /3,3 Np/ i wynosi 13,26 dB /1,53 Np/. Na podstawie różnicy pomiędzy dopuszczalną wartością tłumienności łańcucha telekomunikacyjnego /bez tłumienności odniesienia aparatów telefonicznych/ i tłumienności wynikowej reprezentatywnego łańcucha telekomunikacyjnego /przedstawionego na rys. 3.9/ można ustalić dopuszczalną odległość oddalenia stacji teletransmisyjnych od stacji telefonicznej /sposób obliczenia odległości przedstawia tabela 3.4/. Z punktu widzenia systemowej oceny dopuszczalna odległość oddalenia stacji teletransmisyjnej /radioliniowej/ od stacji telefonicznej może wynosić ok. 2 km w wypadku budowy kabli łącznikowych za pomocą kabli TTWK.

Tabela 3.4

Obliczenie dopuszczalnej odległości oddalenia stacji teletransmisyjnych /radioliniowych/ od stacji telefonicznej z punktu widzenia systemowego określenia parametru odległościowego

P a r a m e t r   o b l i c z e n i o w y	Wartość tłumienności
	Liczba kabli łącznikowych
	Odległość
1	2
Dopuszczalna wartość tłumienności wynikowej łańcucha telekomunikacyjnego /bez tłumienności odniesienia aparatów telefonicznych/	28,7 dB /3,3 Np/
Tłumienność wynikowa reprezentatywnego łańcucha telekomunikacyjnego /stacje teletransmisyjne rozmieszczone bezpośrednio przy stacji telefonicznej, a abonenci oddaleni od centrali na odległość 1000 m/	13,26 dB /1,53 Np/
Zapas tłumienności /różnica/ pomiędzy dopuszczalną wartością tłumienności wynikowej łańcucha telekomunikacyjnego i tłumiennością wynikową reprezentatywnego łańcucha telekomunikacyjnego	około 15,4 dB /1,77 Np/

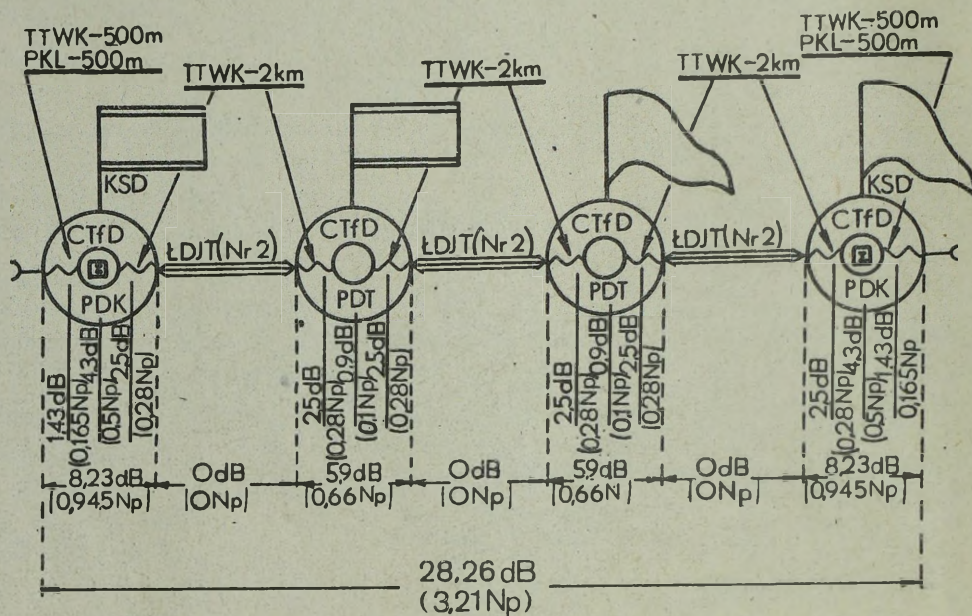
1	2
Liczba kabli łącznikowych pomiędzy aparatowniami teletransmisyjnymi /stacjami radioliniowymi/ i centralami telefonicznymi w reprezentatywnym łańcuchu telekomunikacyjnym	6 kabli
Tłumienność skuteczna przypadająca na jeden kabel łącznikowy: $\frac{\text{zapas tłumienności}}{\text{liczba kabli łącznikowych}} = \frac{15,4 \text{ dB} / 1,77 \text{ Np/}}{6}$	około 2,5 dB /0,28 Np/
Dopuszczalna odległość oddalenia stacji teletransmisyjnych /radioliniowych/ od stacji telefonicznej z punktu widzenia zapewnienia dobrej jakości łączności telefonicznej w reprezentatywnym łańcuchu telekomunikacyjnym - określenie długości kabli łącznikowych rozwijanych za pomocą kabli typu TTWK: $\frac{\text{Tłumienność skuteczna przypadająca na jeden kabel łącznikowy}}{\text{Tłumienność jednostkowa przy } f = 800 \text{ Hz kabla typu TTWK}} =$ $\frac{2,5 \text{ dB} / 0,28 \text{ Np/}}{1,13 \text{ dB/km} / 0,13 \text{ Np/km/}}$	= ponad 2 km /2 km 200 m/

Rozkład tłumienności w reprezentatywnym łańcuchu telekomunikacyjnym o trzech modemaach, obejmującym trzy łącza dalekosiężne, cztery dalekosiężne centrale telefoniczne, sześć kabli łącznikowych TTWK o długości ok. 2 km każdy i dwa łącza abonenckie o długości 1 km /każdy po 500 m kabla TTWK i 500 m kabla PKL/, przedstawia rysunek 3.10. Tłumienność wynikowa reprezentatywnego łańcucha telekomunikacyjnego nie przekracza wartości 28,7 dB /3,3 Np/, tj. spełnia kryterium tłumieniowe.

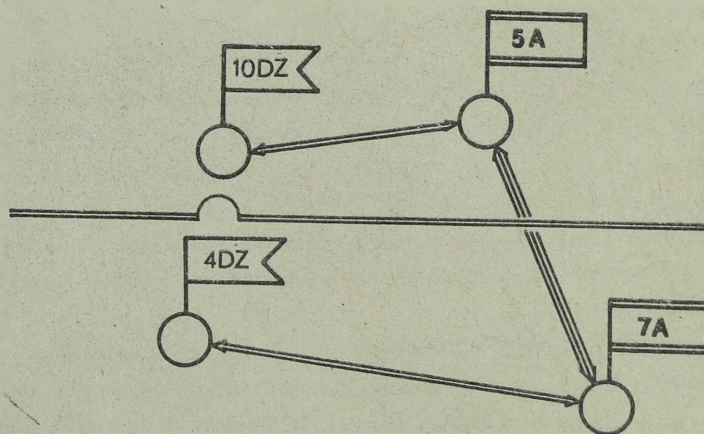
Rozkład tłumienności w reprezentatywnym łańcuchu telekomunikacyjnym został rozpatrzony na szczeblu front - armia pomiędzy abonentami KSD frontu i armii. Wartości tłumienności przyjęte dla wyżej podanej komutowanej relacji łączności są w pełni adekwatne dla innych, na przykład:

- pomiędzy abonentami SD współdziałających dywizji /pomiędzy którymi została przerwana bezpośrednia łączność/ na styku dwóch armii poprzez SD tych armii /rys. 3.11/;

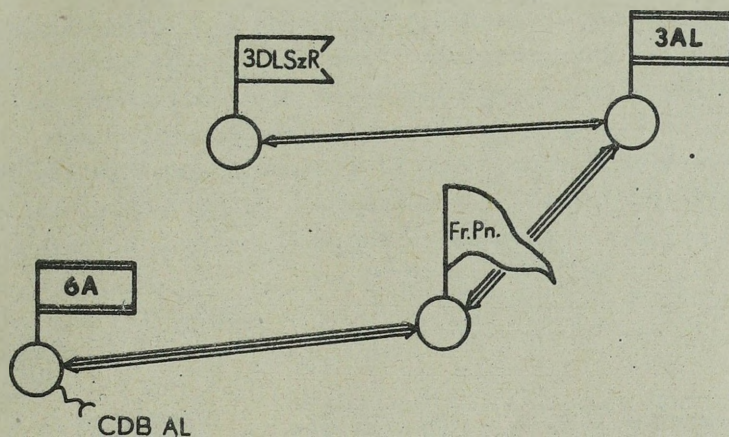
- pomiędzy abonentami CDB AL /centrum dowodzenia bojowego AL/ rozmieszczonego na SD armii i SD DLSzR poprzez SD frontu i SD AL /przy braku bezpośredniej łączności pomiędzy CDB AL i DLSzR/ /rys. 3.12/.



Rys. 3.10. Rozkład tłumienności w reprezentatywnym komutowanym łańcuchu teletransmisyjnym, stosowanym w polowych systemach łączności. 1. LDJT /nr 2/ - łącze dalekosieżne jednotorowe tranzytowe /w st. r/l R-404 układ nr 2/. 2. PDK - połączenie dalekosieżne końcowe /włączony tłumik tranzytowy w centrali/. 3. PDT - połączenie dalekosieżne tranzytowe



Rys. 3.11. Relacja łączności między dwiema sąsiednimi dywizjami



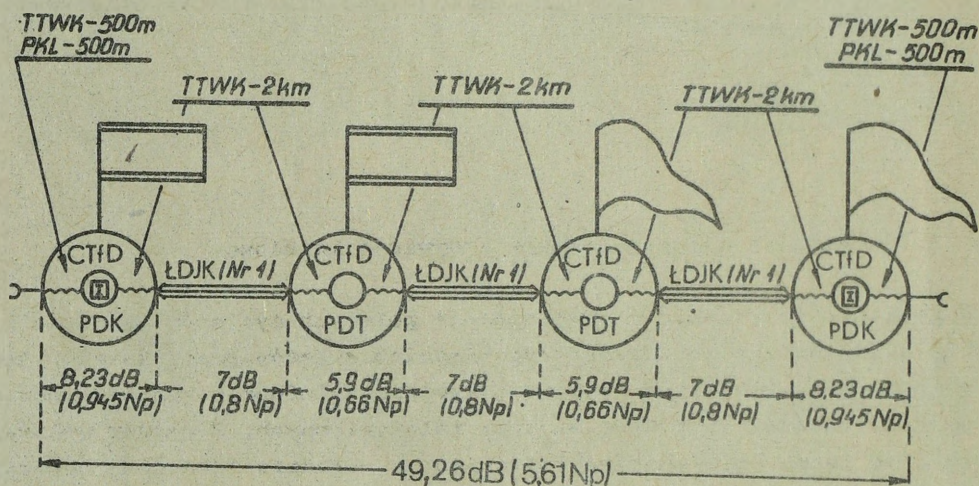
Rys. 3.12. Relacja łączności armia - dywizja lotnicza

W praktyce rozwijania i eksploatacji polowych systemów łączności często niedoceniany jest wybór odpowiednich układów pracy kanałów telefonicznych zestawianych za pomocą krotnic telefonicznych i doprowadzanych do obwodów typu "DS" central telefonicznych. Z reguły wykorzystywane są łącza telefoniczne zestawione w układzie "jednotor końcowy", wnoszące do łańcucha telekomunikacyjnego tłumienność skuteczną o wartości 7 dB /0,8 Np/ - w wypadku R-409, R-404, P-304 i UfW-3/6 - lub 8,7 dB /1 Np/ w wypadku R-405Z.

Niewłaściwe wykorzystanie układów pracy kanałów telefonicznych zestawianych przy wykorzystaniu krotnic telefonicznych znacznie obniża efektywność polowych systemów łączności i uniemożliwia zestawienie połączeń w relacjach określonych. Analizę tego zagadnienia przedstawia rysunek 3.13, z którego wynika, że przekroczenie tłumienności wynikowej osiąga co najmniej 21 dB /2,3 Np/, co jest równoznaczne z brakiem słyszalności.

Przeciwstawienie rozkładów tłumienności przedstawionych na rysunkach 3.10 i 3.13 wykazuje, że przy tych samych uwarunkowaniach można zapewnić łączność na poziomie międzynarodowych zaleceń /stosując odpowiednie układy pracy/ lub można też jej nie zabezpieczyć.

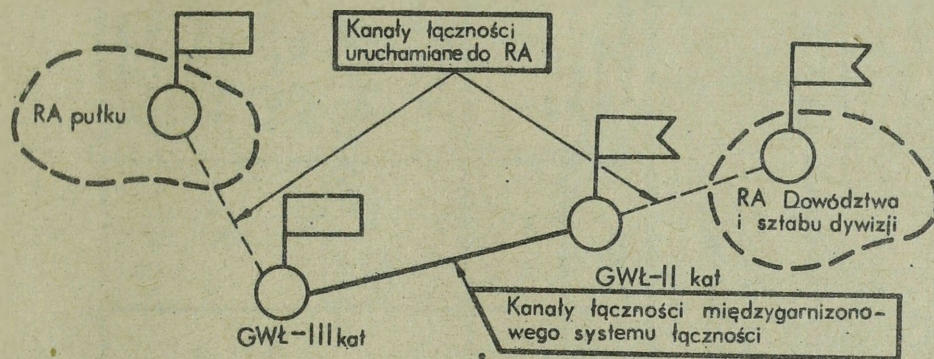
Potrzebę stosowania kryteriów techniczno-eksploatacyjnych w toku planowania łączności można wykazać na przykładzie organizacji łączności w rejonach alarmowych. W wypadku wyjścia wojsk do rejonów alarmowych zachodzi potrzeba zapewnienia łączności nie tylko w relacji rejon alarmowy /RA/ - garnizon, ale również w relacji RA dowództwa i sztabu dywizji-RA pułku za pośrednictwem międzygarnizonowego systemu łączności, tj. na kierunku określonym: RA dowództwa i sztabu dywizji - garnizonowy węzeł łączności /GWL/ II kategorii zapewniający łączność dowództwu i sztabom dywizji w garnizonie - GWL III kategorii zapewniający łączność pułkowi w miejscu stałej dyslokacji - RA pułku /rys.3.14/



Rys. 3.13. Rozkład tłumienności w łańcuchu telekomunikacyjnym przy niewłaściwym wyborze układów pracy kanałów telefonicznych /układ kanału "jednotor końcowy"/. 1. LDJK /nr 1 / - łącze dalekosiężne "jednotor końcowy" - układ pracy nr 1 kanałów telefonicznych R-404. 2. PDT - połączenie dalekosiężne tranzytowe /tłumik wyłączony/. 3. PDK - połączenie dalekosiężne końcowe /tłumik włączony/

W relacji GWL - RA mogą być uruchamiane następujące łącza:

- przewodowe, uruchamiane na upoważnienia w sposób zdecentralizowany przy wykorzystaniu potencjału sieci telekomunikacyjnej sieci użytku publicznego;
- radioliniowe tylko w relacji GWL II kategorii - RA dowództwa i sztabu dywizji;
- radiotelefoniczne.



Rys. 3.14. Organizacja łączności przewodowej w rejonach alarmowych

Przy uwzględnieniu, że łączności telefoniczne GWŁ II i III kategorii nie są wyposażone w obwody "DS" /nie posiadają tłumików tranzytowych/, składniki łańcucha telekomunikacyjnego mogą wносить następujące tłumienności:

- 0,9 dB /0,1 Np/ - łączności telefoniczne GWŁ II i III kategorii, a także w rejonach alarmowych;

- do 10,4 dB /1,2 Np/ - łącze telefoniczne stałe pomiędzy GWŁ II kategorii i GWŁ III kategorii wg ustaleń pomiędzy MON i resortem łączności;

- 8,7 dB /1 Np/ - łącze radioliniowe R-405Z typu "jednotor końcowy" w relacji GWŁ II kategorii - RA dowództwa i sztabu dywizji;

- łącze przewodowe dodatkowo uruchamiane do RA na upoważnienia - w zależności od ich składu /patrz tabela 3.5/.

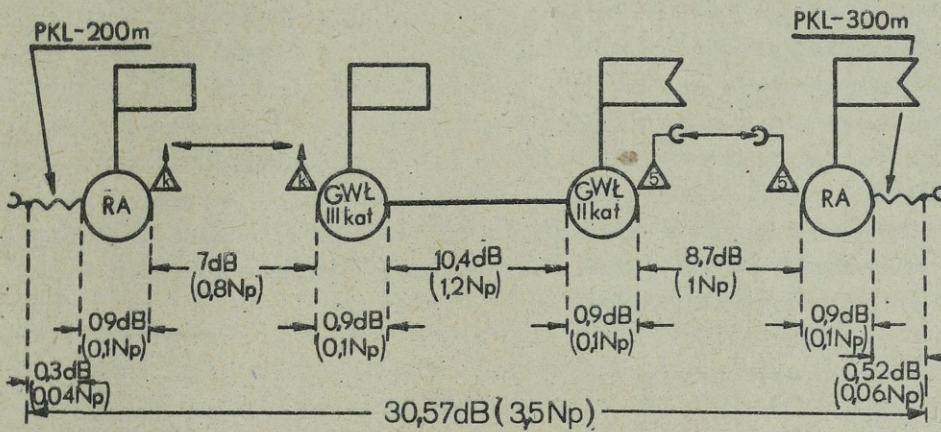
Rozkład tłumienności w łańcuchach telekomunikacyjnych zestawianych w czasie przebywania wojsk w rejonach alarmowych przedstawiają rysunki 3.15 i 3.16.

Rozpatrzona na rysunkach 3.15 i 3.16 /z uwzględnieniem danych z tabeli 3.5/ tłumienność wynikowa łańcuchów telekomunikacyjnych zestawianych w celu zapewnienia dowodzenia wojskami w rejonach alarmowych /w wypadku wykorzystania w relacjach GWŁ - RA zarówno łączy radioliniowo-radiotelefonicznych, jak i przewodowych o różnych zestawach - z wyjątkiem zestawu IV i V /przekracza wartość normatywną 28,7 dB /3,3 Np/ o 2+6 dB /0,23 + 0,7 Np/. Oznacza to konieczność wyboru łączy do RA przez szefów

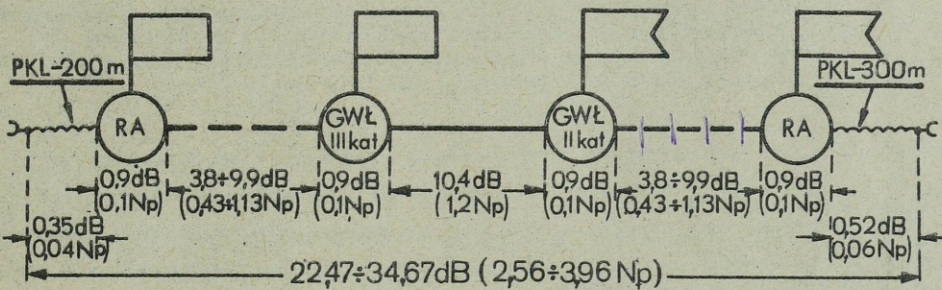
Tabela 3.5

Zestawy łączы przewodowych uruchamianych na upoważnienie do RA i wartości ich tłumienności skutecznych dla  $f=800$  Hz

Zestaw linii do RA	TKM 0,8 mm	TKD 1,2 mm pupil.	Braż 3 mm	Stal 3 mm	PKA	PKL	Tłumienie zestawu łączy do RA
Długość odcinków linii	5 km	5 km	25 km	25 km	3 km	3 km	
I zestaw	3,6 dB /0,4 Np/	-	1,1 dB /0,125 Np/	-	2,7 dB /0,3 Np/	-	7,4 dB /0,83 Np
II zestaw	3,6 dB /0,4 Np/	-	1,1 dB /0,125 Np/	-	-	5,2 dB /0,6 Np/	9,9 dB /1,13 Np/
III zestaw	-	0,55 dB /0,07 Np/	-	4,25 dB /0,5 Np/	2,7 dB /0,3 Np/	-	7,5 dB /0,87 Np/
IV zestaw	-	-	1,1 dB /0,125 Np/	-	2,7 dB /0,3 Np/	-	3,8 dB /0,43 Np/
V zestaw	-	-	-	4,25 dB /0,5 Np/	-	-	4,25 dB /0,5 Np/



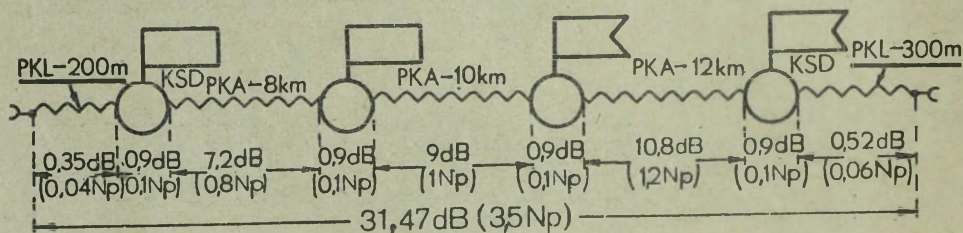
Rys. 3.15. Rozkład tłumienności w łańcuchu telekomunikacyjnym zestawionym pomiędzy abonentami RA pułku i RA dywizji za pośrednictwem GWL II i III kategorii przy wykorzystaniu radioliniowych i radiotelefonicznych łączy uruchamianych w relacjach GWL - RA



Rys. 3.16. Rozkład tłumienności w łańcuchu telekomunikacyjnym zestawionym pomiędzy abonentami RA pułku i RA dywizji za pośrednictwem GWL II i III kategorii przy wykorzystaniu przewodowych łączy /o składach, jak tabela 3.5/ uruchamianych w relacjach GWL - RA

łączności wiązków i oddziałów /zestawianych przez służby techniczne resortu łączności na upoważnienia na liniach przewodowych sieci telekomunikacyjnej użytku publicznego/ nie tylko z punktu widzenia zapewnienia poprawnej łączności RA - garnizon, ale również w relacjach wieloszczeblowych z uwzględnieniem charakterystyk tłumiennościowych linii.

Podobne zjawisko niemożliwości spełnienia normatywu tłumienności wynikowej w zestawianych /komutowanych/ łańcuchach telekomunikacyjnych może wystąpić również w odniesieniu do relacji łączności eksploatacyjnych na szczeblach taktycznych przy wykorzystaniu fizycznych torów przewodowych /rysunek 3.17/.



Rys. 3.17. Rozkład tłumienności w łańcuchu telekomunikacyjnym zestawionym pomiędzy abonentami KSD dywizji i KSD pułku przy wykorzystaniu torów przewodowych linii kablowych PKA rozwiniętych w działaniach obronnych

Na szczeblach taktycznych pododdziały łączności wyposażone są w kable typu PKA i PKL. Ich wykorzystanie do zapewnienia łączności nie może być dowolne. Przy uwzględnieniu, że kable PKA mają dwukrotnie mniejszą tłumienność od kabli PKL, planowanie ich wykorzystania przez szefów łączności powinno wynikać z rozkładów tłumienności w wieloszczeblowych relacjach łączności.

Obiektywnie występująca okoliczność niemożliwości spełnienia wymagania w zakresie tłumienności wynikowej zgodnego z zaleceniami CCITT, zwłaszcza na niższych szczeblach dowodzenia, wskazuje na potrzebę stosowania w odniesieniu do niektórych komutowanych łańcuchów telekomunikacyjnych obniżonej normy. Taką obniżoną wielkością tłumienności wynikowej w odniesieniu do niektórych wojskowych telefonicznych zestawów łączy w łańcuchu teletransmisyjnym może być wartość przyjęta przez resort łączności w odniesieniu do płaszczyzny wewnątrzstrefowej, wykorzystywanej do zapewnienia łączności wewnątrz stref telefonicznych

/w Polsce występuje ponad 300 stref/ i wynosi ona 33 dB /3,8 Np/.  
Przy podanej wartości tłumienności wynikowej zapewnia się jeszcze dostateczną słyszalność mowy przy poziomie szumów w miejscu odbioru nie przewyższającym 60 dB /6,9 Np/<sup>12/</sup>.

### 3.2.2.3. Dopuszczalne zniekształcenia tłumieniowe

Wymagania, dotyczące dopuszczalnych zniekształceń tłumieniowych sygnału w kanale telefonicznym, z większą precyzją określają skuteczność przenoszenia poszczególnych częstotliwości zawartych w paśmie akustycznym w stosunku do ustaleń zawartych w pierwszym kryterium /dotyczącym szerokości pasma częstotliwości skutecznie przenoszonych/. O ile w pierwszym wymaganiu odnośnie do łańcuchów telefonicznych zostało stwierdzone jedynie, że tłumienność poszczególnych częstotliwości w paśmie 300-3400 Hz /300-2700 Hz/ nie może być większa niż 8,7 dB /1 Np/ w stosunku do tłumienności częstotliwości reprezentatywnej równej 800 Hz, o tyle wymagania określające dopuszczalne zniekształcenia tłumieniowe ustala dopuszczalną tłumienność dla każdej częstotliwości pasma w stosunku do tłumienności częstotliwości reprezentatywnej  $f = 800$  Hz.

Różnice tłumienności różnych częstotliwości sygnału wynikają stąd, że w zestawianych łańcuchach telefonicznych występują obok rezystancji /oporu rzeczywistego/ reaktancje pojemnościowe i indukcyjne, których wartości są zależne od częstotliwości, tj.:

$$X_C = \frac{1}{2 \pi f C} \quad i \quad X_L = 2 \pi f L$$

Zalecenia CCITT ustalają, że w stosunku do tłumienności częstotliwości reprezentatywnej  $f = 800$  Hz/ odchyłki tłumienności pozostałych częstotliwości sygnału mogą się wahać w następujących granicach  $\Delta A = A_f - A_{800 \text{ Hz}}$ :

- a/ w wypadku wykorzystania kanałów telefonicznych o szerokości pasma częstotliwości skutecznie przenoszonych 300-3400 Hz - jak tabela 3.6;
- b/ w wypadku wykorzystania kanałów telefonicznych o szerokości pasma częstotliwości skutecznie przenoszonych 300-2700 Hz - jak tabela 3.7.

12/ Obniżony normatyw tłumienności wynikowej jest możliwy do przyjęcia w połowych systemach łączności przy uwzględnieniu, że wojskowe aparaty telefoniczne /np. TAP-67/ połączone sztuczną linią o tłumienności 43,4 dB /5 Np/ w otaczającym szumie ok. 75 dB /8,6 Np/ zapewniają wyrazistość głosek nie mniejszą od 40%.

Tabela 3.6

Pasma częstotliwości /Hz/	$A = A_f - A_{800 \text{ Hz}}$ /dB i Np/	
	większa tłumienność	mniejsza tłumienność
300 + 400 i 3000 + 3400	8,7 dB /1 Np/	- 2,17 dB /-0,25 Np/
400 + 600 i 2400 + 3000	4,3 dB /0,5 Np/	- 2,17 dB /-0,25 Np/
600 + 2400	2,17 dB /0,25 Np/	- 2,17 dB /-0,25 Np/

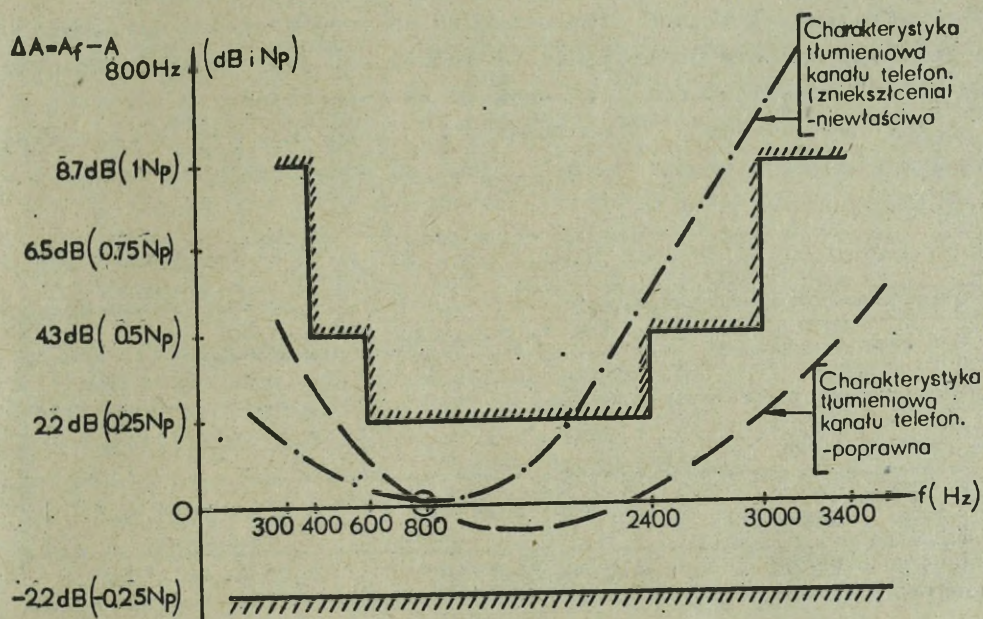
Tabela 3.7

Pasma częstotliwości /Hz/	$A = A_f - A_{800 \text{ Hz}}$ /dB i Np/	
	większa tłumienność	mniejsza tłumienność
300 + 500 i 2500 + 2700	8,7 dB /1 Np/	-1,74 dB /-0,2 Np/
500 + 600 i 2200 + 2500	3,5 dB /0,4 Np/	-1,74 dB /-0,2 Np/
600 + 2200	1,74 dB /0,2 Np/	-1,74 dB /-0,2 Np/

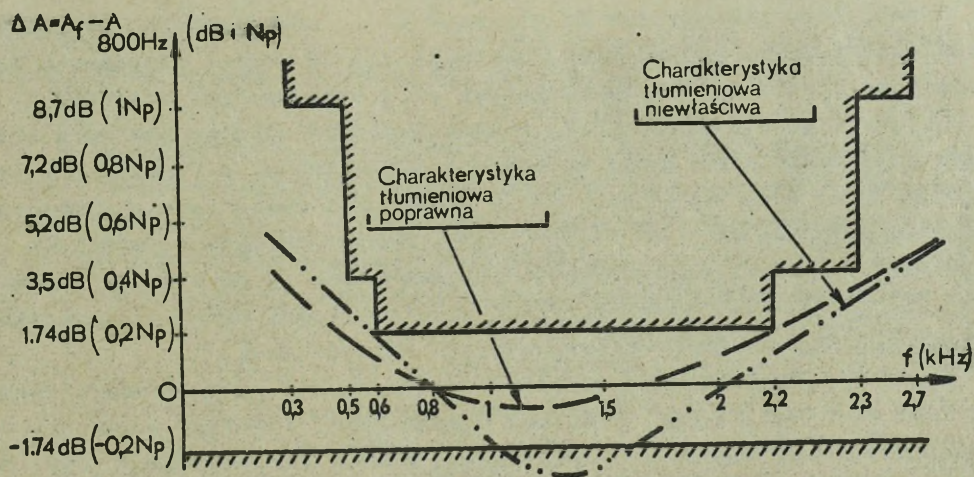
Wartości dopuszczalnych zniekształceń tłumieniowych można przedstawić w postaci krzywych konturowych dopuszczalnych odchyłek tłumienności w stosunku do tłumienności częstotliwości reprezentatywnej 800 Hz /rys. 3.18 i 3.19/.

Powstaje pytanie: w jaki sposób w procesie planowania i eksploatacji polowych systemów łączności należy przestrzegać omówione wymagania dotyczące dopuszczalnych zniekształceń tłumieniowych? W celu objaśnienia zagadnienia można posłużyć się przykładem organizacji łączności za pomocą stacji radioliniowych R-409. Jedno łącze telefoniczne zestawione za pomocą krotno telefonicznych R-409 wnosi maksymalne odchyłki tłumienności 2,5-krotnie mniejsze od dopuszczalnych /tabela 3.8/.

Przy uwzględnieniu, że jedno łącze telefoniczne wnosi do łańcucha telekomunikacyjnego zniekształcenia tłumieniowe nie osiągające wartości 2,5-krotnie mniejszych od dopuszczalnych, w łańcuchu telefonicznym mogą być połączone maksymalnie trzy łącza. Tak więc i w tym wypadku liczba trzech modemów modulacyjno-demodulacyjnych w łańcuchu telekomu-



Rys. 3.18. Krzywa konturowa dopuszczalnych odchylek tłumienności w stosunku do tłumienności przy  $f = 800$  Hz dla pasma częstotliwości 300 - 3400 Hz



Rys. 3.19. Krzywa konturowa dopuszczalnych odchylek tłumienności w stosunku do tłumienności  $f = 800$  Hz dla pasma 300-2700 Hz

nikacyjnym stanowi kryterium zapewnienia poprawnej łączności.

W wypadku zniekształceń tłumieniowych powyżej wartości dopuszczalnych powstaje znaczne pogorszenie zrozumiałości /gdy tłumienność określonej grupy częstotliwości jest większa od dopuszczalnych wartości - rys. 3.18/ lub oscylacja /samowzbudzenie/ łącza /gdy tłumienność określonej grupy częstotliwości jest mniejsza od dopuszczalnych wartości - rys. 3.19/.

• Tabela 3.8

Pasma częstotliwości /Hz/	A = $A_f - A_{800\text{Hz}}$ /dB lub Np/	
	większa tłumienność	mniejsza tłumienność
300 + 400 i 3000 + 3400	3,5 dB /0,4 Np/	0,9 dB /0,1 Np/
400 + 600 i 2400 + 3000	1,74 dB /0,2 Np/	0,9 dB /0,1 Np/
600 + 2400	0,9 dB /0,1 Np/	0,9 dB /0,1 Np/

W stosunku do kanałów telefonicznych przeznaczonych do utajniania kryterium dopuszczalnych zniekształceń tłumieniowych jest znacznie wyższe. Dopuszczalne zniekształcenia tłumieniowe w kanałach telefonicznych przeznaczonych do utajniania za pomocą urządzeń TI mogą wynosić zaledwie  $\pm 1,74$  dB / $\pm 0,2$  Np/ w paśmie 300-2700 Hz.

Korekcy charakterystyk kanału łączności, spełniających wymagania ustalone krzywymi konturowymi, dokonuje się za pomocą włączonych weń dodatkowo korektorów charakterystyki częstotliwościowej /KCzCh/.

Korektor częstotliwościowej charakterystyki jest to ozwornik obejmujący pięć ogniów korektorów na różne częstotliwości o regulowanej tłumienności od 0 dB /0Np/ do 7 dB /0,8 Np/ oraz wzmacniacz o wzmacnieniu od 0 dB /0Np/ do 34,7 dB /4 Np/. Każde ogniwo korektora umożliwia wprowadzenie tłumienności w podanych granicach /0 dB + 7 dB/ skokowo co 0,9 dB /0,1 Np/ na jednej z trzech częstotliwości ogniwa. Wzmacniacz kompensuje tłumienność wniesioną przez ogniwa KCzCh.

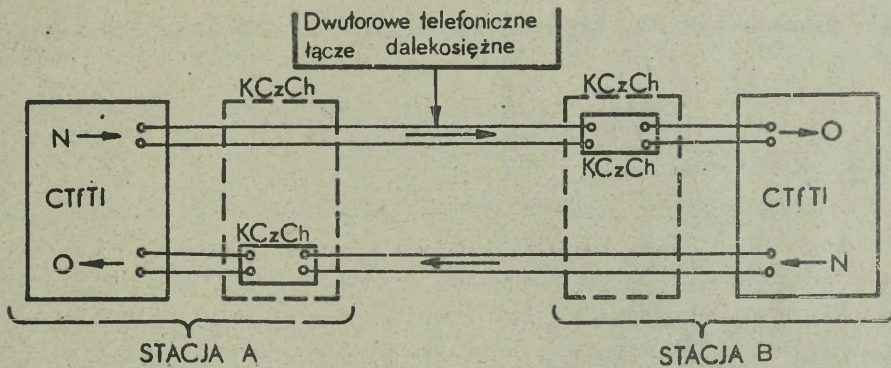
Łącza telefoniczne przeznaczone do utajniania są zestawiane dwutorowo i na stacjach TI /np. w aparatuaniach ATfTI i P-233/ korektory częstotliwościowej charakterystyki są włączone w tor odbiorczy /rys. 3.21/.

Zapewnienie właściwej charakterystyki tłumieniowej kanału przeznaczonego do utajniania osiąga się w wyniku:

• pomiaru charakterystyki tłumieniowej łącza przeznaczonego do utajniania /w obu kierunkach transmisji/;

	I ogniwo	II ogniwo	III ogniwo	IV ogniwo	V ogniwo	wzmac- niacz	
wej.	0,3 KHz	0,8 KHz	1,5 KHz	2,1 KHz	2,7 KHz	0dB ±	wyj.
	0,4 KHz	1,0 KHz	1,6 KHz	2,4 KHz	3,0 KHz	34,7 dB	
	0,6 KHz	1,3 KHz	1,8 KHz	2,7 KHz	3,4 KHz	/ONp ± 4 Np/	
	0dB±7dB	0dB±7dB	0dB±7dB	0dB±7dB	0dB±7dB		
	/ONp ± 0,8 Np/	/ONp ± 0,8 Np/	/ONp ± 0,8 Np/	/ONp ± 0,8 Np/	/ONp ± 0,8 Np/		

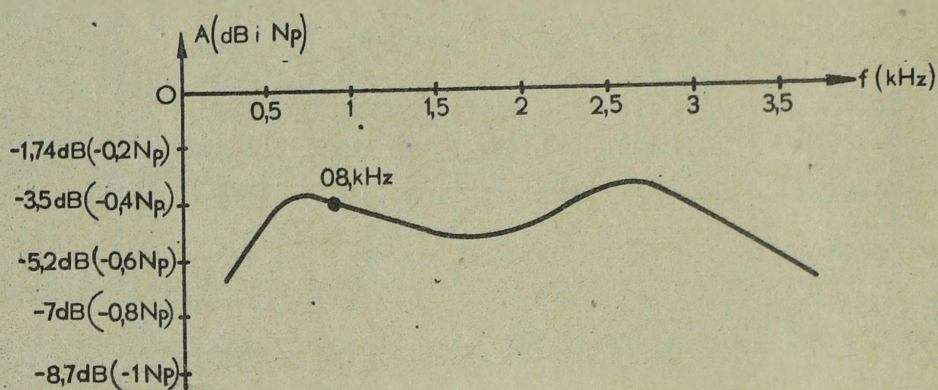
Rys. 3.20. Schemat ideowy KCzCh



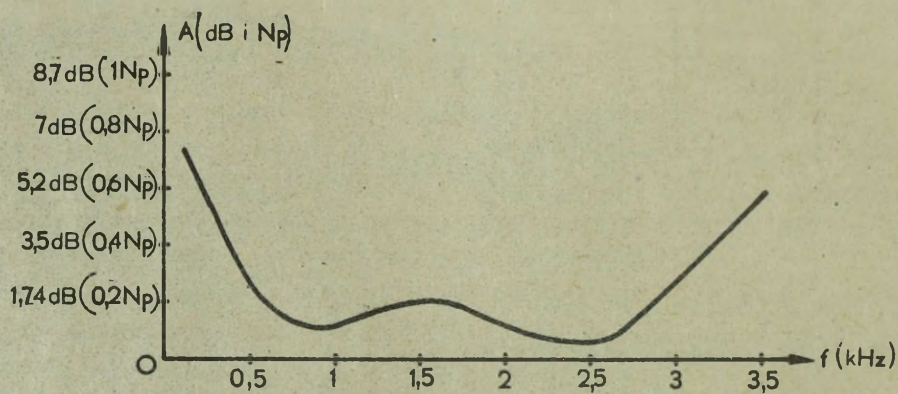
Rys. 3.21. Sposób włączenia KCzCh

- ustawienia charakterystyki tłumieniowej KCzCh /za pomocą ogniw/ odwrotnie do pomierzonej charakterystyki tłumieniowej łącza na danym kierunku transmisji, dzięki czemu charakterystyka wypadkowa będzie zbliżona do prostej /+ 1,74 dB/;

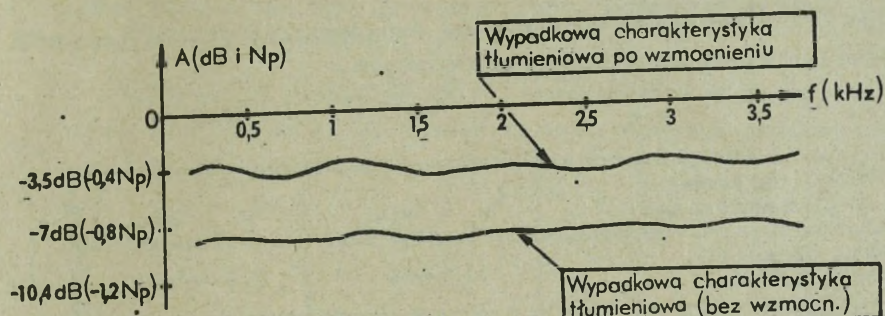
- skompensowania tłumienności ogniw korekcyjnych za pomocą wzmacniacza.



a/ charakterystyka tłumieniowa łącza /ustalona na podstawie pomiarów/



b/ charakterystyka tłumieniowa KCzCh



o/ wypadkowa charakterystyka tłumieniowa łącza

Rys. 3.22. Korekcyjna charakterystyki tłumieniowej łącza za pomocą KCzCh

#### 3.2.2.4. Dopuszczalne zniekształcenia opóźnieniowe

Tory teletransmisyjne charakteryzują się mniejszymi lub większymi zniekształceniami opóźnieniowymi dla różnych częstotliwości zawartych w paśmie częstotliwości akustycznych. Głównym czynnikiem powodującym różnice między najdłuższym i najkrótszym czasem propagacji poszczególnych częstotliwości pasma częstotliwości kanału telefonicznego są filtry krotno telefonicznych.

Zniekształcenia opóźnieniowe w kanałach telefonicznych dwóch stacji radioliniowych R-409 pracujących w układzie końcowym wynoszą:

$$t_m - t_{\min} = 2\mu \text{ sek} - 0 = 2\mu \text{ sek}$$

$$t_M - t_{\min} = 1,6\mu \text{ sek} - 0 = 1,6\mu \text{ sek}$$

gdzie:  $t_m$  - opóźność dla najmniejszej częstotliwości w paśmie /300 Hz/;

$t_M$  - opóźność dla największej częstotliwości w paśmie /3400 Hz/;

$t_{\min}$  - minimalna opóźność dla jednej częstotliwości leżącej w obrębie pasma /w danym wypadku 1900 Hz/.

Jest oczywiste, że w miarę wzrostu na kierunku łączności liczby stacji radioliniowych /przelotowych wzmacniaków obsługiwanych i nie obsługiwanych na liniach kablowych/ pracujących w układzie retransmisyjnym zniekształcenia opóźnieniowe wzrosną. Ich wartość będzie jeszcze większa

w wypadku komutowania różnych łączy telefonicznych w celu zapewnienia łączności z abonentami o jeden szczebel niższego podporządkowania /w łańcuchu występują dwa łączy/ lub na kierunku określonym /w łańcuchu występują trzy łączy/.

Zalecenia CCITT ustalają następujące dopuszczalne zniekształcenia opóźnieniowe dla łączy zestawu telefonicznych.

Tabela 3.9

Skład łańcucha telekomunikacyjnego	$t_m - t_{min}$	$t_M - t_{min}$
- jedno łączy telefoniczne	15 meek	7,5 meek
- zestaw łączy w łańcuchu	60 meek	30 meek

Należy stwierdzić, że wojskowe urządzenia teletransmisyjne i planowane systemy łączności /komutowane łańcuchy telekomunikacyjne/ spełniają wymogi dopuszczalnych zniekształceń tłumieniowych /przy maksymalnej liczbie 3 modemów/.

### 3.2.2.5. Dopuszczalne zniekształcenia nielinearne

Dopuszczalne zniekształcenia nielinearne określają zależność pomiędzy zmianami sygnału odbieranego w wyniku występujących w łączy zmian amplitudy sygnału nadanego.

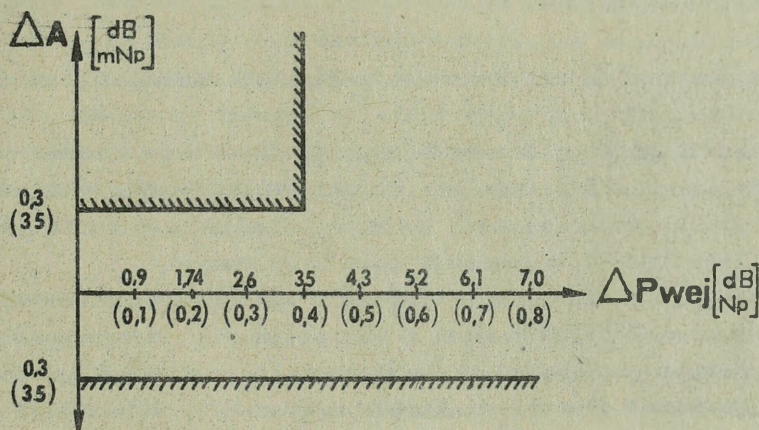
Objawami zniekształceń nieliniarnych są:

1. Pojawienie się w sygnale odbieranym częstotliwości składowych /harmoniczne, kombinowane/, których nie było w sygnale nadanym. Objaw ten występuje w krotnościach i wzmacniakach liniowych i jest uwzględniany w procesie projektowania urządzeń. Na przykład współczynnik zniekształceń nieliniowych w kanałach telefonicznych zestawionych za pomocą stacji R-409 dla sygnałów o częstotliwości 800 Hz i poziomów nominalnych nie przekracza 2% dla drugiej harmonicznej i 1% dla trzeciej harmonicznej.

2. Zmiany tłumienności skutecznej łączy w funkcji poziomu nadawanego. Zalecenia CCITT ustalają dopuszczalną zmianę tłumienności skutecznej łączy w wypadku przekroczenia znamionowego poziomu nadawczego /tj. przesterowania/. Ustalają one, że przy wzroście poziomu na wejściu łączy o 3,5 dB /0,4 Np/ poziom na wyjściu łączy może ulec zmianom w granicach

$\pm 0,3 \text{ dB} / \pm 35 \text{ mNp}$ /, co jest równoznaczne ze zmianami tłumienności skutecznej łącza w granicach  $\pm 0,3 \text{ dB} / \pm 35 \text{ mNp}$ /. Jeżeli poziom na wejściu łącza wzrośnie ponad wartość  $3,5 \text{ dB} / \pm 0,4 \text{ Np}$ /, to wzrost tłumienności łącza może być dowolnie duży, natomiast spadek tłumienności łącza nie może być większy niż  $0,3 \text{ dB} / 35 \text{ mNp}$ />.

Powyższe zalecenia CCITT prezentuje krzywa konturowa dopuszczalnych zmian tłumienności skutecznej łącza w funkcji poziomu nadawanego /rys. 3.23/.



Rys. 3.23. Dopuszczalne zmiany tłumienności skutecznej łącza w funkcji poziomu nadawanego. A - zmiany tłumienności skutecznej łącza w dB /mNp/;  $P_{wej}$  - zmiany poziomu nadawczego w stosunku do poziomu nominalnego w dB /Np/

W celu zabezpieczenia jednorodnych kanałów telefonicznych przed przesterowaniem w gałęziach nadawczych rozwidleń krotnic telefonicznych stosowanych w polowych systemach łączności - są wbudowywane ograniczniki amplitudy. W razie podania na wejściu kanału sygnałów o wyższym poziomie ogranicznik amplitudy ogranicza ich poziom. Należy równocześnie stwierdzić, że kanały telefoniczne wojskowych krotnic telefonicznych nie w pełni spełniają zalecenia CCITT. Na przykład tłumienność skuteczna dwutorowych łączy telefonicznych w funkcji poziomu nadawczego stacji radioliniowej R-409 przekracza krzywą konturową zaleconą przez CCITT i wynosi:

- przy wzroście poziomu w stosunku do nominalnego na wejściu kanału o  $4,3 \text{ dB} / 0,5 \text{ Np}$  tłumienność skuteczna łącza zmienia się w granicach  $\pm 0,44 \text{ dB} / \pm 50 \text{ mNp}$  zamiast dopuszczalnego spadku tłumienności skutecznej łącza  $0,3 \text{ dB} / 35 \text{ mNp}$ ;

- przy wzroście poziomu w stosunku do nominalnego na wejściu kanału o  $7 \text{ dB} / 0,8 \text{ Np}$  tłumienność skuteczna łącza zmienia się w granicach  $\pm 0,87 \text{ dB} / \pm 100 \text{ mNp}$  zamiast dopuszczalnego spadku tłumienności skutecznej łącza o  $0,3 \text{ dB} / 35 \text{ mNp}$ .

Wymienione odstępstwa, odnoszące się do spełnienia wymogu zniekształceń nieliniarnych CCITT, powodują niższą zrozumiałość na łączach zestawionych za pomocą wojskowych urządzeń teletransmisyjnych w stosunku do uzyskiwanej na teletransmisyjnych urządzeniach cywilnych /obniża to jednak koszt urządzeń/.

### 3.2.2.6. Dopuszczalne krótkotrwałe przerwy i zakłócenia impulsowe

Krótkotrwałe przerwy i zakłócenia impulsowe są głównymi przyczynami błędów w telegrafii i transmisji danych realizowanych w łączach telefonicznych /wtórne wykorzystanie kanałów telefonicznych dla potrzeb telegrafii wielokrotnej i transmisji danych cyfrowych/.

Występowanie krótkotrwałych przerw i zakłóceń impulsowych jest powodowane przyczynami obiektywnymi i subiektywnymi. Przyczynami obiektywnymi są zakłócenia pochodzenia atmosferycznego, kosmicznego oraz stosowania broni jądrowej /impuls elektromagnetyczny/. Do zakłóceń subiektywnych /na które funkcjonjści łączności mają wpływ/ można zaliczyć:

- oddziaływanie urządzeń energetycznych /zasilających/;
- oddziaływanie wzajemne środków radioelektronicznych promieniujących fale radiowe;
- oddziaływanie innych torów /kanałów/ telekomunikacyjnych;
- wadliwe działanie układów stykowych /zwłaszcza w punktach komutacji/;
- nagłe zmiany poziomu /powodowane np. włączeniem przyrządów pomiarowych o niedostatecznej rezystancji wejściowej/.

Zalecenia CCITT przewidują, że dla łączy telefonicznych wydzielonych do wtórnego wykorzystania /TW, TD, TI/ szybkie zmiany poziomów nie powinny przekraczać  $\pm 3 \text{ dB} / \pm 0,35 \text{ Np}$ , a długotrwałe  $\pm 4 \text{ dB} / \pm 0,46 \text{ Np}$ . Przerwy trwające dłużej niż 150 ms mogą powodować przejście urządzeń w stan awaryjny /wadliwej pracy/ lub rozłączenia.

Przeciwdziałanie krótkotrwałym przerwom i zakłóceniom impulsowym,

zwłaszcza subiektywnym, powinno polegać przede wszystkim na:

- zapewnieniu kompatybilności elektromagnetycznej, obejmującej do-  
bór fal roboczych i odpowiednie rozmieszczenie urządzeń radioelektro-  
nicznych promieniujących energię elektromagnetyczną<sup>13/</sup>;
- zachowaniu odpowiednich odległości między kablami teletechnicznymi  
i energetycznymi rozwiniętymi na węzłach łączności /przy równoległym  
przebiegu linii odległość ta powinna wynosić ok. 1 m/;
- zabezpieczeniu ziemi teletechnicznej na węzłach łączności w wyniku  
połączenia między sobą mas aparatowni kablami teletechnicznymi /uziomy  
kołkowe zapewniają uziemia wyłącznie na potrzeby BHP/;
- orientowaniu anten stacji radioliniowych rozwiniętych na węzłach  
łączności w taki sposób, aby nie znajdowały się w głównym listku pro-  
mieniowania innej anteny, a także aby w ich głównym listku na odległo-  
ści do 500-1000 m nie znajdowały się polowe zespoły prądotwórcze, a w  
odległości do 3-5 km linie energetyczne /trakcyjne/;
- stosowaniu właściwej dyscypliny eksploatacyjnej obejmującej usta-  
lenie terminów przeprowadzania pomiarów oraz zmiany źródeł zasilania  
/przełączania agregatów prądotwórczych/, a także zapewnieniu właściwych  
styków komutacyjnych.

### 3.2.2.7. Dopuszczalny odstęp sygnału od szumów

Ogólną jakość transmisji telefonicznej /w tym utajnionej/ oraz tele-  
graficznej i transmisji danych cyfrowych /realizowanej w wyniku wtórne-  
go zwielokrotnienia łączy telefonicznych/ określa się odstępem sygnału  
od szumów /zakłóceń/ mierzonym różnicą poziomu średniej mocy sygnału  
i poziomu średniej mocy szumów /zakłóceń/ w ściśle określonym punkcie  
łącza telefonicznego<sup>14/</sup>.

Zalecenia CCITT przewidują, że średnia wartość psfometrycznej siły  
elektromotorycznej szumów nie powinna przekraczać wartości 2,2 mV w  
punkcie łącza o poziomie - 7 dB /-0,8 Np/ i impedancji falowej 600Ω .

13/ Na przykład minimalna dopuszczalna odległość pomiędzy R-404 i sta-  
cjami radiolokacyjnymi wojsk OPL wynosi w zależności od usytuowania  
stacji radiolokacyjnej w stosunku do anten stacji R-404:

- na kierunku głównego listka charakterystyki anteny R-404  
około 35 km;
- na kierunku bocznego listka charakterystyki anteny R-404  
około 3 km.

14/ Zapewnienie odpowiedniego odstępu sygnału od szumów determinuje  
w stopniu szczególnym poprawną pracę łączności utajnionej telegra-  
ficznej oraz transmisji danych cyfrowych.

Warunek ten w porównaniu z możliwościami spełnienia go przez polowe systemy łączności, zwłaszcza w odniesieniu do łączności radioliniowej, kształtuje się następująco:

- w odniesieniu do łączy telefonicznych realizowanych za pomocą stacji radioliniowych R-405Z odstęp sygnału od szumów powinien wynosić 26,1 dB /3 Np/;

- w odniesieniu do łączy telefonicznych realizowanych za pomocą stacji radioliniowych R-409 odstęp sygnału od szumów powinien wynosić 34,7 dB /4 Np/;

- w odniesieniu do łączy telefonicznych realizowanych za pomocą stacji radioliniowych R-404 odstęp sygnału od szumów powinien wynosić co najmniej 33 dB /3,8 Np/ przy dużej liczbie stacji pośrednich;

- w odniesieniu do łączy telefonicznych realizowanych za pomocą linii kablowych PKD-2x2 oraz urządzeń telefonii wielokrotnej P-304 i UTFW-3/6 odstęp sygnału od szumów powinien wynosić co najmniej 39,1 dB /4,5 Np/.

W celu zapewnienia wymaganego odstępu sygnału od szumów należy nie tylko przestrzegać zalecenia eksploatacyjne podane w pkt.3.2.2.6, ale ponadto szczególnie pieczołowicie należy planować przebieg tras torów telekomunikacyjnych. Problem wyboru tras radioliniowych jest szczególnie istotny z punktu widzenia zapewnienia odstępu sygnału od szumów /patrz rozdział 2/.

### 3.2.2.8. Bezpieczeństwo wiadomości niejawnych przekazywanych telefonicznie

Wiadomości w formie jawnej /nieujawnionej/ mogą być przekazywane przez techniczne środki łączności w następujących wypadkach:

- sytuacja wymaga natychmiastowej reakcji, a utajnienie spowoduje /w wyniku straty czasu na kodowanie/ niewykonanie zadania;
- ze względu na brak czasu nieprzyjaciel nie wykorzysta przekazywanych wiadomości do zorganizowania przeciwdziałania;
- przekazywane wiadomości są znane nieprzyjacielowi z rozwoju sytuacji, a potwierdzenie ich nie stanowi dla niego istotnej wartości;
- podczas przekazywania komend w czasie walki na najniższych szczeblach dowodzenia: batalion - kompania - pluton /utajnia się nazwę korespondenta, koordynaty celu i punkty terenowe/.

W pozostałych wypadkach wiadomości niejawne przekazywane telefonicznie należy utajniać przez wykorzystanie:

- dokumentów kodowych/w wypadku posługiwania się jawnymi łączami telefonicznymi/;
- automatycznych środków utajniających /w wypadku posługiwania się utajnianymi łączami telefonicznymi/.

Za pomocą wymienionych środków utajniania można maskować treść wiadomości o następujących klauzulach tajności:

Tabela 3.10

Rodzaj środka utajniającego	Dopuszczalna klauzula tajności wiadomości
Tabela sygnałowa	poufne
Tabela rozmównicza	poufne i tajne krótkotrwałej ważności
Urządzenia utajniające	poufne i tajne krótkotrwałej ważności /przez środki radiowe - tylko poufne/

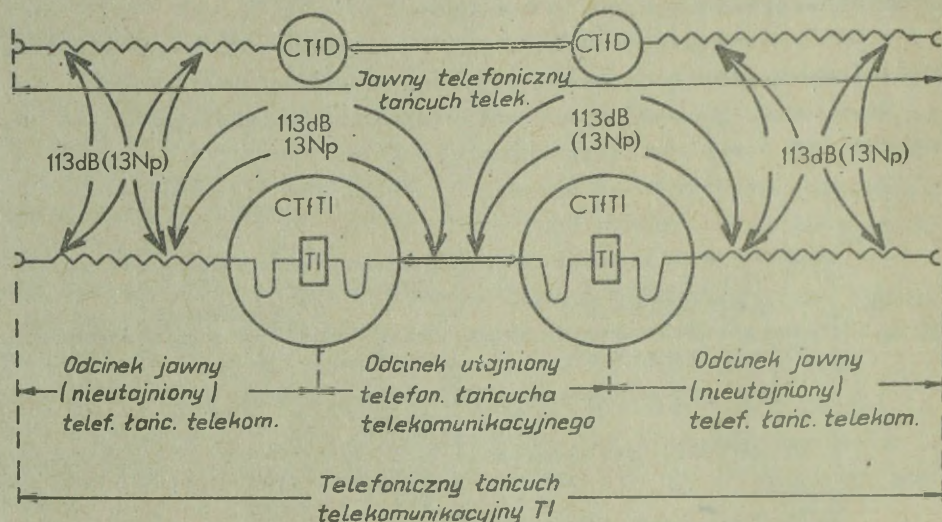
Zapewnienie bezpieczeństwa wiadomości utajnianych za pomocą dokumentów kodowych osiąga się w wyniku:

- zabezpieczenia dokumentów kodowych przed możliwością wglądu do nich osób niepowołanych;
- ścisłego przestrzegania instrukcji posługiwania się dokumentami kodowymi.

Zapewnienie bezpieczeństwa wiadomości przekazywanych za pomocą automatycznie utajnianych kanałów telefonicznych jest bardziej złożone i obejmuje:

- szczególną ochronę kluczy szyfrowych, sterujących procesem automatycznego utajniania sygnałów elektrycznych;
- stosowanie przedsięwzięć organizacyjnych, przeciwdziałających możliwości penetracji łączności utajnionej przez osoby niepowołane;
- zabezpieczenie tłumienności przesłuchowej 113 dB /13 Np/ pomiędzy odcinkami jawnymi telefonicznego łańcucha utajnionego oraz jego odcinkiem utajnionym, a także pomiędzy odcinkami jawnymi telefonicznego łańcucha utajnionego oraz pozostałymi łańcuchami telekomunikacyjnymi /rys. 3.24/.

W polowych systemach łączności w celu zapewnienia bezpieczeństwa przekazywanych wiadomości we wszystkich wypadkach /łącze jawne i utajnione/ uzyskiwania połączeń należy posługiwać się kryptonimami stacji telefoniczno-telegraficznych oraz sygnałami rozpoznawczymi osób funkcyjnych.



Rys. 3.24. Ideowy schemat telefonicznych łańcuchów telekomunikacyjnych jawnych i TI oraz oznaczenia odcinków, między którymi wymaga się zapewnienia dopuszczalnej wartości tłumienności przesłuchowej 113 dB /13 Np/

Spełnienie wymogu zapewnienia bezpieczeństwa utajnionej łączności telefonicznej, w tym dopuszczalnych wartości tłumienności przesłuchowej 113 dB /13 Np/, zapewnia się przede wszystkim poprzez:

- rozwijanie aparatuwni z urządzeniami TI /WCz/, linii abonenckich oraz instalowanie aparatów telefonicznych TI /WCz/ w strefie kontrolowanej, do której nie mają dostępu osoby niepowołane /rejonów ochraniających punktów dowodzenia oraz węzłów łączności/;
- oddalanie w aparatuwniach półzłączy kabli strony liniowej /utajnionej/ względem półzłączy strony stacyjnej /nieutajnionej/. Zazwyczaj półzłącza kabli strony liniowej i strony stacyjnej są instalowane po przeciwnych stronach nadwozi aparatuwni;
- oddalanie łączności jawnych i tajnych na odległość co najmniej 1 m, przy równoczesnym zapewnieniu między nimi izolacji akustycznej;
- ekranowanie kabli instalacyjnych w aparatuwniach i łącznicach TI;
- oddalanie linii abonenckich TI /WCz/ od innych kabli co najmniej na odległość 1 m;
- wykonywanie skrzyżowań pod kątem prostym pomiędzy kablami łączności TI /abonenckimi/ i pozostałymi;
- zachowanie odległości 1 m między abonenckimi aparatami telefonicznymi łączności utajnionej i pozostałymi.

Ponadto bezpieczeństwo telefonicznej łączności utajnionej zapewnia się metodami organizacyjnymi, obejmującymi między innymi ograniczenie grona osób funkcyjnych mających dostęp do urządzeń TI, zapewnienie ich bezpośredniej ochrony oraz zabronienie prowadzenia równoczesnych rozmów przez aparaty telefoniczne łączności utajnionej i jawnej.

### 3.2.3. Wymagania /kryteria/ stawiane łączności telegraficznej

W polowych systemach łączności wojsk lądowych najbardziej rozpowszechniona jest telegrafia alfabetowa<sup>15/</sup>. W związku z tym w odniesieniu do tego rodzaju łączności telegraficznej zostaną rozpatrzone kryteria i wymagania.

Treść wiadomości nadanej przez telegrafistę za pomocą klawiatury dalekopisu zostaje przetworzona przez nadajnik według ustalonego kodu telegraficznego na sygnały elektryczne. Telegraficzne sygnały elektryczne są transmitowane telegraficzną drogą telekomunikacyjną do odbiorczego dalekopisu, który przetwarza je na wiadomość zapisaną pismem drukowanym na papierze. W charakterze aparatów telegrafii alfabetowej stosuje się w wojskach przede wszystkim dalekopisy arkuszowe /T-63, T-51/, a także taśmowe /Dalibor-302, STA-2M/.

#### 3.2.3.1. Kod telegraficzny stosowany w armiach państw członków Układu Warszawskiego

W dalekopisach wykorzystywanych w Wojsku Polskim, a także w armiach U.W. jest stosowany jednolity międzynarodowy telegraficzny alfabet nr 2 /MTA-2/, zalecony przez CCITT w 1932 r. Zakłada on kodowanie poszczególnych znaków pisma za pomocą pięciu impulsów elektrycznych dwuwartościowych. Stany znamionowe mogą być cechowane wartością prądu lub kierunkiem prądu.

Za pomocą pięciu impulsów dwuwartościowych można uzyskać 32 kombinacje sygnałowe:

$$K = 2^5 = 32$$

gdzie: 2 - liczba stanów znamionowych;  
5 - liczba impulsów w jednym znaku;  
K - liczba kombinacji sygnałowych.

-----  
15/ W zależności od stosowanej techniki przekazywania i reprodukcji wiadomości odróżnia się:  
- telegrafię alfabetową;  
- telekopię;  
- transmisję danych cyfrowych.

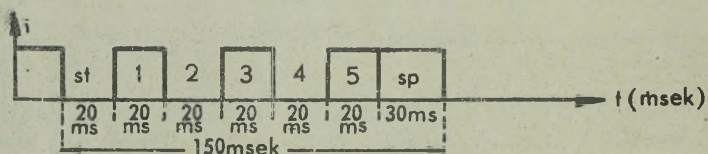
W związku z tym, że podana liczba kombinacji nie daje możliwości odwzorowania wszystkich znaków pisma /liter łacińskich i rosyjskich, cyfr oraz znaków interpunkcji/ oraz poleceń telegraficznych /np. odstęp powrót wózka, zmiana wiersza/ w dalekopisach zastosowano trzy poczty /litery łacińskie, rosyjskie, cyfry i znaki interpunkcji/ umożliwiające uzyskanie 96 kombinacji.

### 3.2.3.2. Kryterium przepustowości łączności telegraficznej alfabetycznej stosowanej w polowych systemach łączności

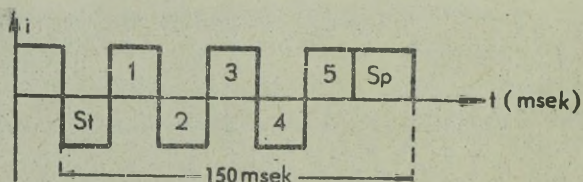
Sygnal jednego znaku /litery, cyfry, znaku interpunkcji, polecenia telegraficznego/ przekazywany za pomocą alfabetu MTA-2 obejmuje:

- sygnał startu /St/ - 20 msek;
- sygnały kodowe alfabetyczne /1-5/ -  $5 \times 20$  msek = 100 msek;
- sygnał stopu lub spoczynku /Sp/ - 30 msek.

Łączny czas przesłania jednego znaku wynosi 150 msek.



a/ Wartość prądu



b/ Kierunek prądu

Rys. 3.25. Sygnały telegraficzne przekazywane prądem stałym /wartością prądu oraz kierunkiem prądu/

Biorąc pod uwagę czas trwania jednego znaku telegraficznego, można określić techniczną wydajność dalekopisów, tj. liczbę znaków w ciągu jednej godziny:

$$N_{tz} = \frac{1 \text{ godz.}}{150 \text{ msec}} = \frac{60 \cdot 60 \cdot 1000 \text{ /msek/}}{150 \text{ msec}} = 24000 \text{ znaków/godz.}$$

W związku z tym, że jedna grupa /słowo/ zawiera średnio pięć znaków, a także polecenia telegraficzne /odstęp, powrót wózka itp./, tj. łącznie grupa /słowo/ wymaga przekazania 6+7 znaków, techniczną wydajność dalekopisów w słowach przekazywanych w ciągu jednej godziny pracy można ocenić następująco:

$$N_{ts} = \frac{N_{tz}}{6 + 7} = \frac{24000}{6 + 7} \approx 3600 \text{ słów/godzinę}$$

Taką wydajność można uzyskać w wypadku pracy taśmami perforowanymi zawczasu przygotowanymi /np. za pomocą urządzeń szyfrowych/, przekazywanymi za pomocą dalekopisowych nadajników automatycznych, jeżeli w łańcuchu telegraficznym nie występują zniekształcenia. Uwzględniając jednak rzeczywiste uwarunkowania i konieczność zwrotnego sprawdzenia poprawności transmisji w wypadku posługiwania się taśmami perforowanymi, należy stwierdzić, że praktyczna wydajność łączności telegraficznej jest około 2,5-krotnie mniejsza i wynosi około 1400 słów/godzinę. Praktyczna wydajność dalekopisów jest również niższa od wydajności technicznej w wypadku bezpośredniej pracy telegrafistów w linii. Dobrze wyszkolony telegrafista może przekazać w ciągu jednej godziny około 1400 słów /grup/.

Reasumując, wydajność praktyczna dalekopisów jest 2,5-krotnie niższa od technicznej i wynosi 1400 słów/godzinę.

W telegraficznym łańcuchu teletransmisyjnym, oprócz dalekopisów, występuje szereg składowych, a przede wszystkim:

- urządzenia łączeniowe, tj. łącznice telegraficzne;
- telegraficzne urządzenia teletransmisyjne tworzące łącza /odpowiednio: radioliniowe i przewodowe/.

Dla telegraficznych łańcuchów telekomunikacyjnych charakterystyczne są straty, obniżające ich przepustowość, wywołane:

- czynnościami eksploatacyjnymi /zestawienie połączenia, wykonanie pomiarów itp./;
- niedociągnięciami organizacyjno-technicznymi /opóźnienia w nawią-

zaniu łączności, uszkodzenia techniczne sprzętu itp./;

- oddziaływaniem radioelektronicznym i środkami rażenia przez nieprzyjaciela na system łączności.

Przepustowość jednego telegraficznego łańcucha telekomunikacyjnego w ciągu 1 godziny można ocenić szacunkowo z zależności<sup>16/</sup>:

$$c = y \cdot \beta \cdot K \cdot \alpha$$

gdzie:

c - przepustowość telegraficznego łańcucha teletransmisyjnego w ciągu jednej godziny /słów/godz./;

y - praktyczna wydajność dalekopisów /słów/godz./;

$\beta$  - współczynnik strat eksploatacyjno-ruchowych;

K - współczynnik ciągłości działania łańcucha teletransmisyjnego w warunkach oddziaływania radioelektronicznego i środkami rażenia;

$\alpha$  - współczynnik strat wynikających z niedostatecznej wierności transmisji wiadomości przez telegraficzny łańcuch telekomunikacyjny.

Podstawiając wartości ujęte w tabeli 3.11 do powyższego wzoru, można oszacować przepustowość jednego telegraficznego łańcucha telekomunikacyjnego eksploatowanego w ciągu jednej godziny w warunkach współczesnego pola walki. Wynosi ona około 400 słów na godzinę.

Tabela 3.11

Parametr	Wartość	U w a g i
1	2	3
y - praktyczna wydajność dalekopisów	1400 /słów/godz	
$\beta$ - współczynnik strat eksploatacyjno-ruchowych	0,9	Założono straty: 6 minut w ciągu 1 godziny - praca przez 54 minuty
K - współczynnik ciągłości działania telegr. łańc. telek. w warunkach oddziaływania środków rażenia i walki r/elektr.	0,11 → 0,6  średnia wartość 0,4	Założono: - dla jednego łącza telegraficznego /r/ lin. lub przewodowych/ - 0,6; - dla dwóch łączy telegraficznych połączonych szeregowo - $K_1 \cdot K_2 = 0,6 \times 0,6 = 0,36$ ; - dla trzech łączy telegraficznych połączonych szere-

16/ Metodę obliczeniową zastosowano na podstawie rozprawy doktorskiej płk. W. Brylińskiego.

1	2	3
		$g_{owo} K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 0,6 \times 0,6 \times 0,6 = 0,11$
$\alpha$ - współczynnik strat wynikających z niedostatecznej wierności transmisji	0,8	Założono współczynnik 0,8, uwzględniając stopę błędów $10^{-3} + 10^{-4}$ telegraficznej łączności radioliniowej oraz przewodowej
$\sigma$ - średnia wartość przepustowości telegr. łańc. telekom.	400 słów/godz.	Obliczona wartość przepustowości telegraficznego łańcucha telekomunikacyjnego umożliwia przekazanie w ciągu jednej godziny około 1,5+2 arkuszy A-4 maszynopisu

W polowych systemach łączności wykorzystuje się telegrafie komutowaną, dla której charakterystyczna jest doprowadzanie do łącznic telegraficznych większej liczby łączy dalekosiężnych w porównaniu z liczbą wykorzystywanych dalekopisów, na przykład:

- łącznica telegraficzna typu RPT zainstalowana w stosowanej na szczeblu pułku aparatu RWL-1M umożliwia doprowadzenie 5 dalekosiężnych łączy telegraficznych /w tym jednego za pośrednictwem przystawki PZS-3/. Praca na tych łączach może być jednak realizowana tylko z jednego dalekopisu odzewowego;

- łącznica telegraficzna LTgD-23NN zainstalowana w aparatu ATgSA umożliwia doprowadzenie 16 dalekosiężnych łączy telegraficznych i tylko siedmiu dalekopisów abonenckich.

Taka organizacja telegraficznej sieci łączności umożliwia z jednej strony wielokierunkowe zapewnienie dalekosiężnej łącznicy telegraficznej, z drugiej natomiast strony ogranicza jej przepustowość /zależy od liczby dalekopisów/.

W toku planowania i organizacji łączności telegraficznej należy w ocenach przepustowości brać pod uwagę następujące elementy:

- praktyczną wydajność dalekopisów i ich liczbę na poszczególnych węzłach łączności;

- występujące straty przepustowości w telegraficznych łańcuchach telekomunikacyjnych obejmujące: ograniczoną wierność transmisji oraz przedsięwzięcia ruchowo-eksploatacyjne.

### 3.2.3.3. Bezpieczeństwo wiadomości niejawnych przekazywanych telegraficznie

Bezpieczeństwo wiadomości niejawnych przekazywanych telegraficznie osiąga się w wyniku maskowania ich treści przed rozpoznaniem nieprzyjaciela, ochrony dokumentacji telegraficznej oraz przestrzegania norm techniczno-eksploatacyjnych i organizacyjnych związanych z wykorzystaniem środków utajniających.

Wiadomości przekazywane telegraficznie utajnia się za pomocą:

- dokumentów kodowych /utajnianie ręczne/;
- urządzeń kodujących /utajnianie mechaniczne/;
- urządzeń szyfrujących /utajnianie mechaniczne/;
- urządzeń utajniających /utajnianie automatyczne/.

Za pomocą wyżej wymienionych środków utajniających można utajniać wiadomości o następujących klauzulach:

Tabela 3.12

Rodzaj środka utajniającego	Dopuszczalna klauzula tajności wiadomości
Tabela sygnałowa	poufne
Tabela rozmównicza	poufne i tajne krótkotrwałej ważności
Urządzenie kodujące	poufne i tajne
Urządzenie utajniające	poufne i tajne
Urządzenie szyfrujące	poufne, tajne i tajne specjalnego znaczenia

Zapewnienie bezpieczeństwa wiadomości utajnianych za pomocą dokumentów kodowych osiąga się w wyniku:

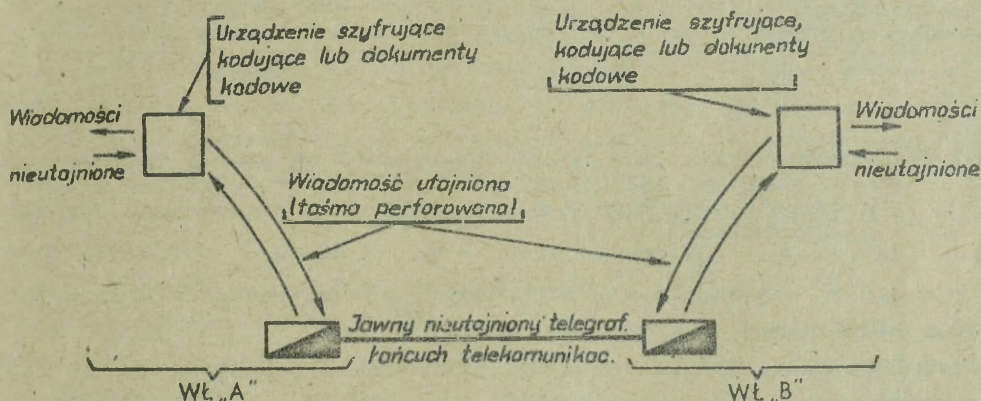
- zabezpieczenia dokumentów kodowych przed możliwością wglądu do nich osób niepowołanych;
- ścisłego przestrzegania instrukcji posługiwania się dokumentami kodowymi.

Bezpieczeństwo wiadomości przekazywanych przy wykorzystaniu urządzeń szyfrujących i kodujących zapewnia poprzez:

- szczególną ochronę kluczy szyfrowych /kodowych/;
- rozmieszczenie aparatowni z urządzeniami szyfrowymi i kodowymi na punktach dowodzenia /węzłach łączności/ w strefie kontrolowanej /chronionej/;

- ograniczenie grona osób funkcyjnych mających dostęp do urządzeń szyfrowych i kodowych;
- organizację bezpośredniej ochrony aparatowni z urządzeniami szyfrowymi /kodowymi/;
- przestrzeganie zasad obiegu szyfrogramów i kodotelegramów na punktach dowodzenia i węzłach łączności w relacjach: funkcyjni środków łączności - osoby funkcyjne /nadawca lub adresat/.

Biorąc pod uwagę, że wiadomości utajnione za pomocą dokumentów kodowych oraz urządzeń szyfrujących i kodujących mają treść zamaskowaną na wejściu i wyjściu łańcucha telegraficznego, można je przekazywać za pomocą jawnych /nieutajnionych/ telegraficznych łańcuchów telekomunikacyjnych /rys. 3.26/.

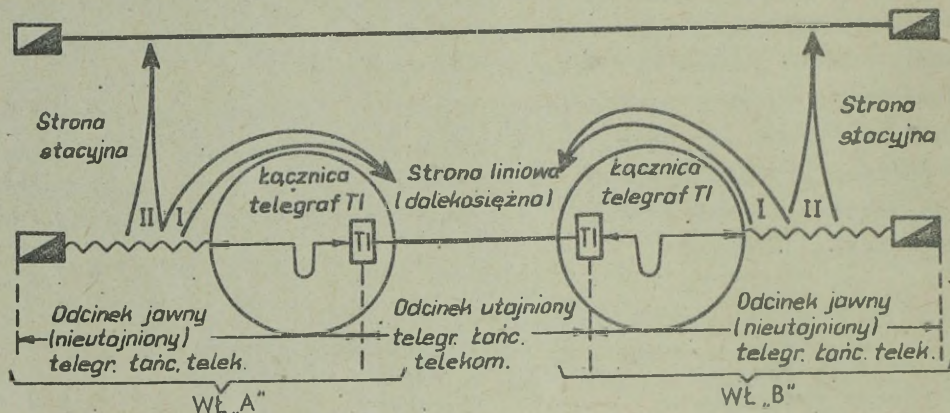


Rys. 3.26. Ideowy schemat obiegu wiadomości utajnianych za pomocą urządzeń szyfrujących, kodowych lub dokumentów kodowych

W wypadku utajniania wiadomości za pomocą telegraficznych urządzeń TI treść przekazywanej informacji jest zamaskowana tylko na dalekosiężnym odcinku telegraficznego łańcucha telekomunikacyjnego /po stronie liniowej/, natomiast na odcinkach stacyjnych jest niezamaskowana /rys. 3.27/.

Występowanie odcinków nieutajnionych w telegraficznym łańcuchu telekomunikacyjnym nakłada dodatkowy wymóg zabezpieczenia sygnałów przed możliwością przenikania ich z odcinków nieutajnionych do utajnionych /I/, a także zabezpieczenia sygnałów przed możliwością przenikania ich z odcinków nieutajnionych do jawnych telegraficznych łańcuchów telekomunikacyjnych /II, rys. 3.27/. Oznacza to, że przedsięwzięcia zapewniające bez-

pieczęństwo wiadomości telegraficznych utajnionych za pomocą urządzeń TI są rozleglejsze i powinny obejmować:



Rys. 3.27. Ideowy schemat utajniania wiadomości za pomocą telegraficznych urządzeń TI i możliwości przenikania sygnałów nieutajnionych /strzałkami oznaczono kierunki przenikania sygnałów nieutajnionych/

- szczególną ochronę kluczy szyfrowych, automatycznie sterujących procesem utajniania;
- rozmieszczanie aparatowni z telegraficznymi urządzeniami TI, linii abonenckich oraz dalekopisów na terenie strefy kontrolowanej punktu dowodzenia i węzła łączności;
- organizację bezpośredniej ochrony aparatowni z telegraficznymi urządzeniami TI;
- ograniczenia grona osób funkcyjnych mających dostęp do urządzeń TI;
- przestrzeganie zasad obiegu telegramów na punktach dowodzenia i węzłach łączności w relacjach: funkcyjni środków łączności - osoby funkcyjne /nadawca - adresat/;
- rozdzielanie półzłączy /oddzielne tablice półzłączy/ przeznaczonych do doprowadzenia do aparatowni telegraficznych TI obwodów;
- dalekosiężnych /telegraficzne łącza dalekosiężne/;
- abonenckich do dalekopisów przeznaczonych do pracy TI;
- abonenckich do dalekopisów przeznaczonych do pracy na łączach jawnych;
- ekranowanie kabli instalacyjnych wykorzystywanych w telegraficznych aparatowniach TI;

- wykorzystanie oddzielnych łącznie telegraficznych do łączności TI i jawnej;

- wykorzystanie dalekopisów zainstalowanych w aparatuwni lub w jej części /jeżeli jest przedzielona metalowym ekranem/ do jednego rodzaju łączności: utajnionej lub jawnej /nie dopuszczalne jest równoczesne wykorzystanie zainstalowanej w jednym obiekcie określonej liczby dalekopisów do telegraficznej łączności jawnej, a reszty dalekopisów do telegraficznej łączności utajnionej/;

- oddalenie na odległość co najmniej 1 m telegraficznych linii od innych linii oraz wykonywanie skrzyżowań między wymienionymi liniami pod kątem prostym.

### 3.2.3.4. Terminowość wiadomości przekazywanych telegraficznie

Ważnym kryterium wykorzystania łączności telegraficznej jest ustalenie czasu niezbędnego na przekazanie wiadomości telegraficznej za pomocą technicznych środków łączności od wykonawcy do adresata, przy równoczesnym uwzględnieniu czasu reakcji dowództw i sztabów oraz wojsk<sup>17/</sup>.

Czas obiegu wiadomości drukowanej obejmuje:

a/ czas dystrybucyjny  $t_d$  niezbędny na przekazanie wiadomości od nadawcy do środka nadawczego /po stronie nadawczej/ i od środka odbiorczego do adresata /po stronie odbiorczej/;

b/ czas gotowości łączności  $t_{g.l.}$  niezbędny na zestawienie połączenia /determinowany zajętością łączy lub urządzeń utajniających itp./ do przekazania lub odbioru innej wiadomości;

c/ czas utajniania wiadomości  $t_m$  niezbędny na opracowanie treści wiadomości utajnionej /po stronie nadawczej/ i jej odtworzenie /po stronie odbiorczej/;

d/ czas przekazywania wiadomości przez telegraficzne łańcuchy telekomunikacyjne  $t_z$ .

Czas dystrybucyjny  $t_d$  może wahać się w granicach:

Tabela 3.13

Rodzaj wiadomości	Droga obiegu po stronie nadawczej	Droga obiegu po stronie odbiorczej	Średni czas $t_d$ /min./
Telegram kodotelegram	wykonawca-tajna kancelaria sztabu-ekspedycja WI-AUS lub aparatuwnia TI	AUS lub aparatuwnia TI-ekspedycja WI-tajna kancelaria sztabu - adresat	20 min.
Szyfrogram	wykonawca - AUS	AUS - adresat	10 min.
Średni czas dystrybucyjny $t_d$			15 min.

<sup>17/</sup> Czas reakcji dowództw i sztabów oraz wojsk obejmuje czasokres na realizację przez wojska zadań nakazanych w wiadomości telegraficznej /lub przystąpienie do ich wykonania/.

Czas gotowości łączności / $t_{g.l.}$ / określają wymagania odnośnie do polowego zautomatyzowanego systemu dowodzenia wojskami /PASUW/.

Wynosi on:

Tabela 3.14

Rodzaj pilności wiadomości	Szczegół dowodzenia		Średni czas gotowości łączności $t_{g.l.}$
	taktyczne	operacyjne	
I kategorii pilności	2 min.	2 min.	15 min.
II kategorii pilności	5 min.	10 min.	
III kategorii pilności	15 min.	20 min.	

Czas utajniania wiadomości / $t_m$ / zależy od liczby słów zawartych w wiadomości drukowanej. Średni szyfrogram /telegram, kodogram/ może zawierać 100 słów. Czas niezbędny na utajnienie i odtworzenie treści wiadomości zawierającej 100 słów oraz ich opracowanie wynosi:

Tabela 3.15

Rodzaj wiadomości	Czas utajnienia po stronie nadawczej	Czas odtwarzania treści wiadomości po stronie odbiorczej
Szyfrogram kodotelegramu	15 min.	15 min.
Telegram	0	0
Średni czas utajniania i odtwarzania wiadomości $t_d =$ $= 20 \text{ min.}$		

Czas niezbędny na przekazanie wiadomości drukowanej przez telegraficzny łańcuch telekomunikacyjny / $t_x$ / o zawartości około 100 słów wynosi 15 minut przy uwzględnieniu, że średnią przepustowość łączności telegraficznej drukowanej przez łańcuchy telekomunikacyjne wykorzystywane na współczesnym polu walki ocenia się na ok. 400 słów/godzinę.

Łączny czas obiegu wiadomości od nadawcy do adresata / $T$ / o zawartości 100 słów może wynosić:

$$T = t_d + t_{g.l.} + t_m + t_x = 15 \text{ min.} + 15 \text{ min.} + 20 \text{ min.} + 15 \text{ min.} \approx 1 \text{ godz}$$

Jeżeli uwzględnić, że czas reakcji dowództw i sztabów oraz wojsk na szczeblach taktycznych wynosi ok. 2 godziny, a na szczeblach operacyjnych ok. 3 godziny, to wiadomości drukowane - zawierające zadania dla wojsk - nadawcy powinni przekazywać do nadania z wyprzedzeniem czasowym wynoszącym łącznie:

- na szczeblach taktycznych - 3 godziny;
- na szczeblach operacyjnych - 4 godziny.

Reasumując, terminowość łączności telegraficznej można zapewnić, jeżeli wiadomości drukowane będą przekazywane przez nadawców z wyprzedzeniem czasowym wynoszącym około 1 godziny /meldunki/ i 3 + 4 godziny /zadania dla wojsk/.

### 3.2.3.5. Zasięg łączności telegraficznej komutowanej

Zasięg pojedynczych łączy telegraficznych jest określony danymi taktyczno-technicznymi środków łączności. Przy wykorzystaniu różnych środków radioliniowych i przewodowych zasięg łączności na pojedynczych łącach telegraficznych może wynosić:

- za pomocą stacji radioliniowych R-404 i urządzeń telegrafii wielokrotnej - do 1000 km;
- za pomocą stacji radioliniowych R-409 i urządzeń telegrafii wielokrotnej - do 250 km;
- za pomocą stacji radioliniowych R-405Z - 120 km;
- za pomocą linii kablowych PKD-2x2 oraz telefonicznych i telegraficznych urządzeń zwielokrotniających /P-304, UTYW-3/6, P-318 i UTgW-3/6/ - do 500 km.

W polowych systemach łączności nie we wszystkich relacjach są zestawiane bezpośrednio łącza telegraficzne i występuje potrzeba komutowania łączy telegraficznych, to jest doraźnego zestawienia telegraficznych łańcuchów telekomunikacyjnych za pośrednictwem łączy telegraficznych, na przykład w celu zapewnienia łączności między przełożonym i podwładnym o jeden szczebel niższego podporządkowania lub na kierunkach okrężnych.

W związku z tym powstaje pytanie, jaką liczbę łączy można komutować w celu zestawienia złożonego telegraficznego łańcucha telekomunikacyjnego, oraz jakie czynniki ograniczają możliwość łączenia łączy telegraficznych w jedną relację?

Należy przede wszystkim podkreślić, że w polowych systemach łączności w zasadzie łącza telegraficzne są zestawiane w wyniku wtórnego zwielokrotnienia łączy telefonicznych za pomocą urządzeń telegrafii wielo-

krotnej /P-318 i UTgW-3/6/ lub urządzeń telegrafii nadakustycznej /TgF-2p/, a także w wyniku zwielokrotnienia krotnicami telegraficznymi szerokopasmowego kanału radioliniowego /R-405Z/<sup>18/</sup>. We wszystkich wymienionych wypadkach urządzenia telegrafii wielokrotnej /zwane również krotnicami telegraficznymi/ zamieniają sygnały cyfrowe /dyskretne/ wytworzone przez dalekopisy na sygnały analogowe, co umożliwia ich transmisję w paśmie akustycznym /300 + 3400 Hz/ lub ponadakustycznym /R-405Z/. Uzyskanie poprawnej łączności telegraficznej zależy w związku z tym od jakości łączy telefonicznych przeznaczonych do wtórnego zwielokrotnienia za pomocą urządzeń TW. Oznacza to, że podstawowym kryterium zapewnienia pożądanego zasięgu i jakości łączności telegraficznej jest spełnienie wymagań stawianych łączności telefonicznej przez łącza telefoniczne wytypowane do wtórnego zwielokrotnienia za pomocą krotnic telegraficznych, szczególnie w zakresie zapewnienia dopuszczalnego odstępu sygnału od szumów, limitującego wierność łączności telegraficznej.

Zasięg łączności telegraficznej limitowany jest również wiernością transmisji realizowanej bezpośrednio w kanałach telegraficznych. Parametrem określającym wierność transmisji w kanałach telegraficznych jest dopuszczalna wartość zniekształceń sygnałów telegraficznych.

Biorąc pod uwagę, że w polowych systemach łączności są wykorzystywane dalekopisy start-stopowe pracujące arytmicznie, należy stwierdzić, że w telegraficznych łańcuchach telekomunikacyjnych powstają zniekształcenia arytmiczne.

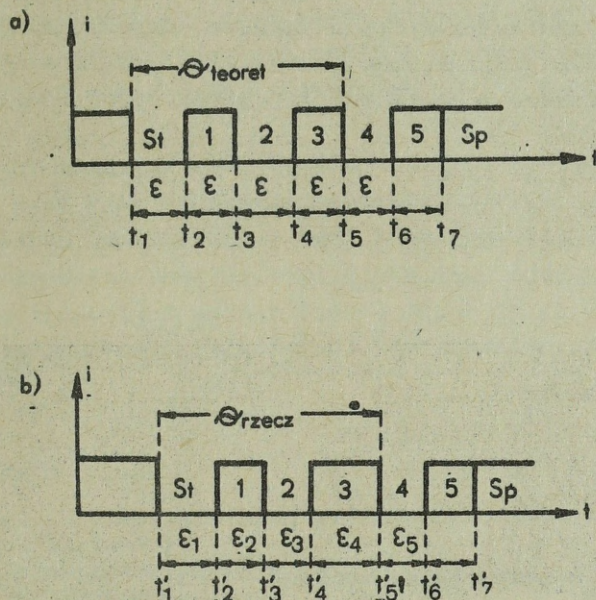
Zniekształcenia arytmiczne powstają w wyniku skracania i wydłużania się czasu trwania elementów jednostkowych sygnału telegraficznego w czasie ich transmisji przez łańcuch telekomunikacyjny i są powodowane:

- nierównością obrotów silników elektrycznych dalekopisów /nadawczego i odbiorczego/;

- niedokładnością i bezwładnością działania nadajników i odbiorników dalekopisów;

- procesami występującymi na drodze przesyłowej pomiędzy nadawczym i odbiorczym dalekopisem /oddziaływania zakłóceń elektrycznych, bezwładność i zachwianie symetrii elementów mechanicznych, np. przekaźników polaryzowanych, itp./.

-----  
18/ Dalekosiężne łącza telegraficzne prądu stałego /sygnał cyfrowy/ można uzyskać w polowych systemach łączności tylko za pomocą wieloukładowej przystawki telegraficznej typu PTWL. Telegraficzne łącza prądu stałego są zestawiane przede wszystkim na dzierżawionych torach stacjonarnych linii napowietrznych.



Rys. 3.28. Zniekształcenia arytmiczne sygnału dalekopisu start-stopowego: a/ sygnał znamionowy /teoretyczny/; b/ sygnał rzeczywisty /zniekształcony/

Oznaczenia:

$\varphi_{teor.}$  - jest teoretycznym odstępem momentów od rozruchowego do  $t_5$  - odpowiadającego maksymalnemu zniekształceniu w rzeczywistym łańcuchu /rys. 3.28b/;

$\varphi_{rzecz.}$  - jest rzeczywistym odstępem momentów od rozruchowego /start/ do maksymalnie zniekształconego / $t_5'$ /;

$\varepsilon$  - odstęp jednostkowy teoretyczny /20 msek/;

$\varepsilon_1 + \varepsilon_5$  - odstępy jednostkowe rzeczywiste.

Stożek zniekształcenia arytmicznego mierzonego w procentach określa się zależnością:

$$d = \frac{|\varphi_{rzecz.} - \varphi_{teor.}|}{\varepsilon} \cdot 100\%$$

Na podstawie rysunku 3.28 wyżej podaną zależność można zapisać w postaci:

$$d = \frac{|t_5' - t_1'|}{\varepsilon} \cdot 100\%$$

Powstaje pytanie: jak wielkie mogą być w telegraficznym łańcuchu teletransmisyjnym zniekształcenia arytmiczne, uwzględniając, że na przykład nadajnik dalekopisu wnosi zniekształcenia o wartości około 5%, przekaźnik polaryzowany do 2%, łącznica telegraficzna do 3%, urządzenie telegrafii wielokrotnej do 5%?

Górną granicą dopuszczalnych zniekształceń arytmicznych występujących w telegraficznym łańcuchu telekomunikacyjnym jest taka ich wartość, przy której zapewnia się możliwość poprawnego odbioru nadanej wiadomości. Ich wartość podawana jest dla poszczególnych dalekopisów i nazywa się marżą dalekopisu /albo - jak podaje szereg instrukcji wojskowych - "zdolnością poprawczą dalekopisu"/. Dalekopisy dysponują trzema rodzajami marży:

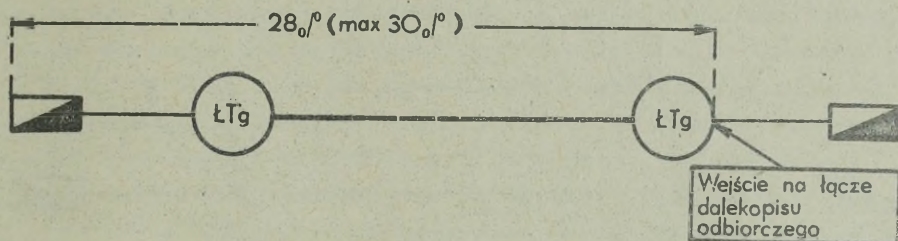
Tabela 3.16

Rodzaj marży	Sposób oceny marży	Wartość dopuszczalnych zniekształceń arytmicznych dla dalekopisów wojskowych/na wejściu odbiornika/
Teoretyczna	Obliczona teoretycznie na podstawie danych konstrukcyjnych dalekopisów	ok. 40%
Znamionowa	Określana na podstawie pomiarów przeprowadzonych w warunkach rzeczywistych przy zapewnieniu maksymalnie równomiernych obrotów silników /nadawczego i odbiorczego/	ok. 35%
Użytkowa /rzeczywista/	Określana na podstawie pomiarów przeprowadzonych w rzeczywistych warunkach i obiektywnie występującej nierówności obrotów silników elektrycznych dalekopisów /nadawczego i odbiorczego/	ok. 28+30%

CCITT zaleca przyjęcie za punkt wyjścia do ustalania składu telegraficznego łańcucha marżę użytkową dalekopisu, tj. dopuszczalną wartość zniekształceń arytmicznych w łańcuchu telegraficznym na wejściu dalekopisu odbiorczego wynoszącą 28%.

W sieci telekomunikacyjnej użytku publicznego, administrowanej przez resort łączności, dla wewnątrz krajowych relacji telegraficznych

przyjęto, że dopuszczalny stopień zniekształceń arytmicznych telegraficznego łańcucha telekomunikacyjnego w punkcie wejścia na łącze współpracującego abonenta /dalekopisu odbiorczego/ nie może przekraczać 30% i należy dążyć, aby ich wartość była równa użytkowej marży dalekopisu wynoszącej 28%.



Rys. 3.29. Rozkład zniekształceń w telegraficznym łańcuchu telekomunikacyjnym

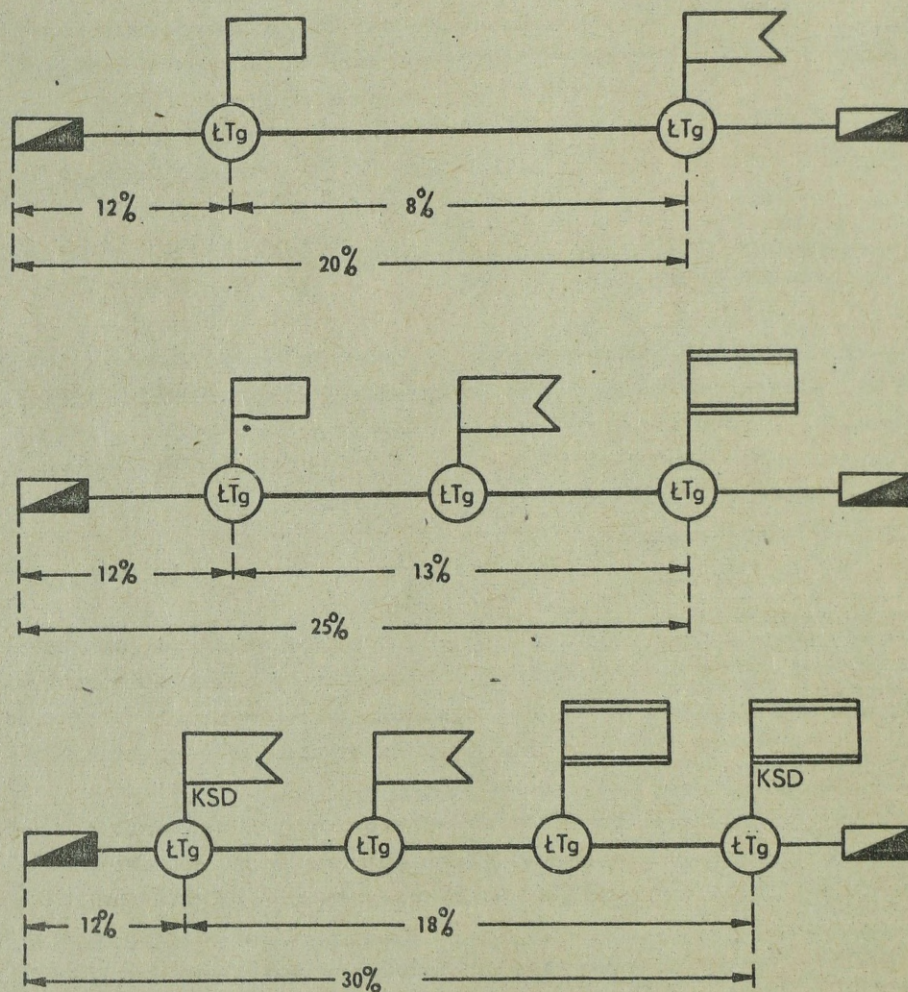
Normatyw określający dopuszczalny stopień zniekształceń arytmicznych w łańcuchu telegraficznym wdrożony przez resort łączności w sieci telekomunikacyjnej użytku publicznego celowo jest zastosować w połowych systemach łączności.

Elementy składowe łańcuchów telegraficznych wnoszą zniekształcenia o następujących wartościach:

Tabela 3.17

Określenie elementu składowego łańcucha telegraficznego	Wartość wnoszonych zniekształceń
Łącza abonenckie i dalekopis nadawczy	12%
Dalekosiężne łącze telegraficzne zakończone na obu końcach na chwodach liniowych łącznie telegraficznych	8%
Dwa dalekosiężne łącza telegraficzne połączone za pośrednictwem łącznie telegraficznych	13%
Trzy dalekosiężne łącza telegraficzne połączone za pośrednictwem łącznie telegraficznych	18%

Uwzględniając podane wartości zniekształceń arytmicznych wnoszonych przez elementy składowe łańcuchów telegraficznych, można przyjąć następujący rozkład zniekształceń telegraficznych w polowych systemach łączności /warianty wojskowych telegraficznych łańcuchów telekomunikacyjnych zapewniających wymaganą wierność transmisji sygnałów/:



Rys. 3.30. Rozkład zniekształceń w wybranych telegraficznych łańcuchach telekomunikacyjnych stosowanych w polowych systemach łączności

Przeprowadzone analizy w odniesieniu do zasięgów komutowanej łączności telegraficznej wskazują, że w polowych systemach łączności można zapewnić wymaganą wierność łączności telegraficznej przy wykorzystaniu łańcuchów telekomunikacyjnych obejmujących:

- jedno dalekosiężne łącze telegraficzne i dwie łącznice telegraficzne;
- dwa dalekosiężne łącza telegraficzne i trzy łącznice telegraficzne;
- trzy dalekosiężne łącza telegraficzne i cztery łącznice telegraficzne /jeżeli zostanie przeprowadzona właściwa regulacja przekaźników oraz obrotów silników dalekopisów nadawczego i odbiorczego, a także jeżeli zostanie zapewniony wymagany odstęp sygnału od szumów w kanałach telefonicznych wtórnie zwielokrotnianych za pomocą urządzeń TW/.

W wypadku niewłaściwej pracy /znaczące zniekształcenia/ maksymalnego telegraficznego łańcucha telekomunikacyjnego /w składzie 3 łączy i 4 łącznie telegraficznych/ należy stosować pośredniczenie /zapewnienie retransmisji za pomocą taśm perforowanych na jednym z pośredniczących WL/ lub - jeżeli wymiana wiadomości drukowanych jest znaczna w danej relacji - należy zestawić bezpośrednio łącze telegraficzne.

### 3.3. Zasady sprzęgania łączy telefonicznych w łańcuchy telekomunikacyjne

W polowych systemach łączności stosowane są dwa podstawowe rodzaje łączy telefonicznych radioliniowych i przewodowych:

- zestawiane na torach fizycznych linii przewodowych;
- uzyskiwane w wyniku zwielokrotnienia za pomocą krotnio telefonicznych torów radioliniowych lub przewodowych.

Łącza telefoniczne zestawiane na torach fizycznych linii przewodowych mają dwojakie przeznaczenie: mogą być wykorzystane w celu zapewnienia dalekosiężnej łączności telefonicznej /zwłaszcza na szczeblach taktycznych/ oraz mogą być wykorzystane w celu zapewnienia łączności wewnętrznej na punktach dowodzenia.

Dla obydwu wymienionych typów łączy telefonicznych zestawianych na torach fizycznych linii przewodowych /telefoniczne łącza dalekosiężne oraz telefoniczne łącza abonenckie/ charakterystyczne są następujące podstawowe właściwości:

- wartość tłumienności wnoszonej do łańcuchów telekomunikacyjnych zależy od tłumienności jednostkowej torów fizycznych poszczególnych rodzajów linii przewodowych /PKL-1x2, PKA-1x2, TTWK-5x2 lub 10x2 itp./;
- przenoszą one nie tylko sygnały akustyczne w paśmie 300+3400 Hz,

ale również sygnały wywołania /zewy/ generowane przez urządzenia abonenckie i łączeniowe /nie mieszczące się w paśmie częstotliwości 300-3400Hz/. Telefoniczne łącza dalekosiężne zestawione na przewodowych torach fizycznych przenoszą zew induktorowy o częstotliwości 25 Hz. Telefoniczne łącza abonenckie przenoszą zew induktorowy 25 Hz w wypadku wykorzystania aparatów telefonicznych i obwodów łącznic telefonicznych typu MB oraz zewy prądem stałym /lub pulsującym prądem stałym/ w wypadku wykorzystania aparatów telefonicznych i obwodów łącznic telefonicznych typu CB lub CA.

Należy podkreślić, że w toku eksploatacji łączy telefonicznych zestawianych na torach fizycznych linii przewodowych zasadniczym warunkiem dobrej jakości łączności jest zapewnienie odpowiedniej rezystancji izolacji każdej żyły względem pozostałych żył, linii oraz względem ziemi. Wartość rezystancji izolacji żył względem siebie i ziemi na 1 km długości linii przedstawia tabela 3.18.

Tabela 3.18

Typ kabla	Rezystancja izolacji linii o długości 1 km
	/M Ω /km/
PKL	10
PKA	200
PKD	300
TTWK	200

Oznacza to, że rezystancja izolacji dla linii PKA o długości 10 km powinna wynosić  $20 \text{ M}\Omega \cdot \frac{200 \text{ M}\Omega / \text{km}}{10 \text{ km}}$ .

W aktualnie rozwijanych polowych systemach łączności na torach fizycznych linii przewodowych są zestawiane wyłącznie dalekosiężne i abonenckie jednotorowe łącza telefoniczne<sup>19/</sup>. Jednotorowe łącza telefoniczne zestawiane na torach fizycznych są wykorzystywane do następujących celów:

- telefoniczne łącza dalekosiężne - do zapewnienia jawnej /nieutajnionej/ łączności telefonicznej, wykorzystywanej w statycznych działaniach wojsk /np. w rejonach alarmowych lub wyjściowych, w obronie/ na kierunkach pomiędzy punktami dowodzenia różnych szczebli dowodzenia;

<sup>19/</sup> Do łączy telefonicznych zestawianych na torach fizycznych linii przewodowych nie należy zaliczać obwodów zestawianych na kablach łącznikowych rozwijanych pomiędzy urządzeniami teletransmisyjnymi i łącznikowymi WŁ, na których wydłużane są łącza zestawiane za pomocą krotko telefonicznych /w tym dwutorowe/.

- telefoniczne łącza abonenckie - do zapewnienia jawnej i utajnionej łączności na punktach dowodzenia, wykorzystywanej we wszystkich rodzajach operacji i działań bojowych.

Jednotorowe telefoniczne łącza dalekosiężne zestawiane na torach fizycznych, przede wszystkim za pomocą kabli PKA i PKL, należy sprzęgać z obwodami MB łącznic telefonicznych przeznaczonych do zapewnienia jawnej /nieutajnionej/ łączności telefonicznej.

Jednotorowe łącza abonenckie zestawiane na torach fizycznych za pomocą kabli typu TTWK i PKL w zależności od ich przeznaczenia należy sprzęgać w następujący sposób:

- łącza abonenckie wykorzystywane do zapewnienia łączności utajnionej w zależności od typu łącznicy telefonicznej TI i używanych aparatów telefonicznych należy doprowadzać od strony stacyjnej łącznicy telefonicznej TI odpowiednio do obwodów MB lub CB;

- łącza abonenckie wykorzystywane do telefonicznej łączności jawnej w zależności od typu jawnej łącznicy telefonicznej i używanych aparatów telefonicznych należy doprowadzać odpowiednio do obwodów MB, CB lub CA łącznic telefonicznych. Mogą one być również doprowadzane do obwodów wielorakiego przeznaczenia /MB/ CA - np. w łącznicy LP-40, MB/CB i CB/CA - np. w łącznicy P-198/.

Łącza telefoniczne uzyskiwane w wyniku zwielokrotnienia torów radioliniowych lub przewodowych za pomocą krotnie telefonicznych są wykorzystywane do zapewnienia dalekosiężnej łączności telefonicznej jawnej i utajnionej, a także do wtórnego ich zwielokrotnienia za pomocą urządzeń telegrafii wielokrotnej /TW/ lub urządzeń transmisji danych cyfrowych /TD/.

Różnorodne przeznaczenie łączy telefonicznych spowodowało, że w radioliniowych i przewodowych krotnicach telefonicznych zastosowano kilka układów pracy kanałów telefonicznych wykorzystywanych do różnych celów, umożliwiających sprzęganie łączy telefonicznych z:

- jednotorowymi aparatami telefonicznymi typu "MB", zainstalowanymi u osób funkcyjnych poszczególnych punktów dowodzenia różnych szczebli dowodzenia, w celu zapewnienia - z pominięciem central telefonicznych - bezpośredniej łączności dalekosiężnej o wysokiej dyspetyjności;

- jednotorowymi obwodami "MB" łącznic telefonicznych, wykorzystywanych w układzie jawnej /nieutajnionej/ łączności telefonicznej;

- jednotorowymi obwodami "DS" /wyposażonymi w tłumiki tranzytowe/ łącznic telefonicznych, wykorzystywanych w układzie jawnej /nieutajnionej/ łączności telefonicznej;

- dwutorowymi obwodami strony liniowej łącznic telefonicznych TI,

wykorzystywanych w układzie utajnionej łączności telefonicznej;

- dwutorowymi obwodami strony liniowej stacji "WCz", wykorzystywanych w układzie utajnionej łączności telefonicznej na szczeblach strategiczno-operacyjnych;

- dwutorowymi obwodami strony liniowej urządzeń telegrafii wielokrotnej /TW/ oraz transmisji danych cyfrowych /TD/.

Przedstawione warianty wykorzystania telefonicznych łączy dalekosiężnych zestawianych za pomocą krotnic telefonicznych i przekazywanych na poszczególne elementy węzłów łączności w celu udostępnienia ich użytkownikom łączności wskazują, że układy pracy kanałów krotnic telefonicznych powinny umożliwiać zestawianie łączy dalekosiężnych jednotorowo oraz dwutorowo.

Jednotorowe układy pracy kanałów krotnic telefonicznych powinny umożliwiać zestawianie telefonicznych łączy dalekosiężnych:

- w układzie "jednotor końcowy" /z włączonym tłumikiem tranzytowym/ w celu zapewnienia możliwości sprzęgnięcia ich bezpośrednio z aparatami telefonicznymi lub obwodami "MB" łączności telefonicznych;

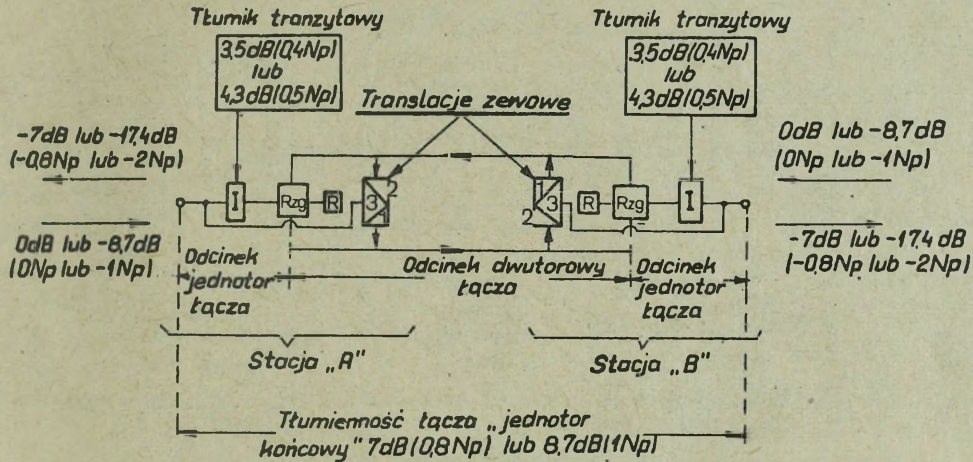
- w układzie "jednotor tranzytowy" /z wyłączonym tłumikiem tranzytowym/ w celu zapewnienia możliwości sprzęgnięcia ich z obwodami "DS" łączności telefonicznych /wyposażonych w tłumiki tranzytowe/.

Łąca zestawiane w układzie "jednotor końcowy" wnoszą tłumienność skuteczną do łańcucha telefonicznego równą sumie tłumienności tłumików tranzytowych włączonych na obu końcach łącza /w odniesieniu do krotnic R-405Z-2x4,34 dB /0,5 Np/ = 8,7 dB /1 Np/ oraz do pozostałych krotnic 2x3,5 dB /0,4 Np/ = 7 dB /0,8 Np//. Natomiast łąca telefoniczne zestawione w układzie "jednotor tranzytowy" nie posiadają włączonych tłumików tranzytowych/są zwarte/, w związku z czym ich tłumienność skuteczna jest równa 0 dB /0Np/.

Oba rodzaje jednotorowych łączy telefonicznych są wykorzystywane wyłącznie do zapewnienia jawnej /nieutajnionej/ dalekosiężnej łączności telefonicznej.

Jednotorowe łąca telefoniczne współpracują z aparatami telefonicznymi i łącznicami telefonicznymi wyposażonymi w zewy indukcyjne o częstotliwości 25 Hz. Ponieważ kanały telefoniczne krotnic nie przenoszą częstotliwości 25 Hz zachodzi potrzeba wyposażenia ich w translacje zewowe zamieniające zew indukcyjny 25 Hz na zew akustyczny o częstotliwości mieszczącej się w paśmie 300 + 3400 Hz.

W wojskowych krotniach telefonicznych stosowany jest powszechnie zew akustyczny o częstotliwości 2100 Hz, tylko kanały telefoniczne krotnic R-405Z są wyposażone w zew akustyczny 300 Hz.

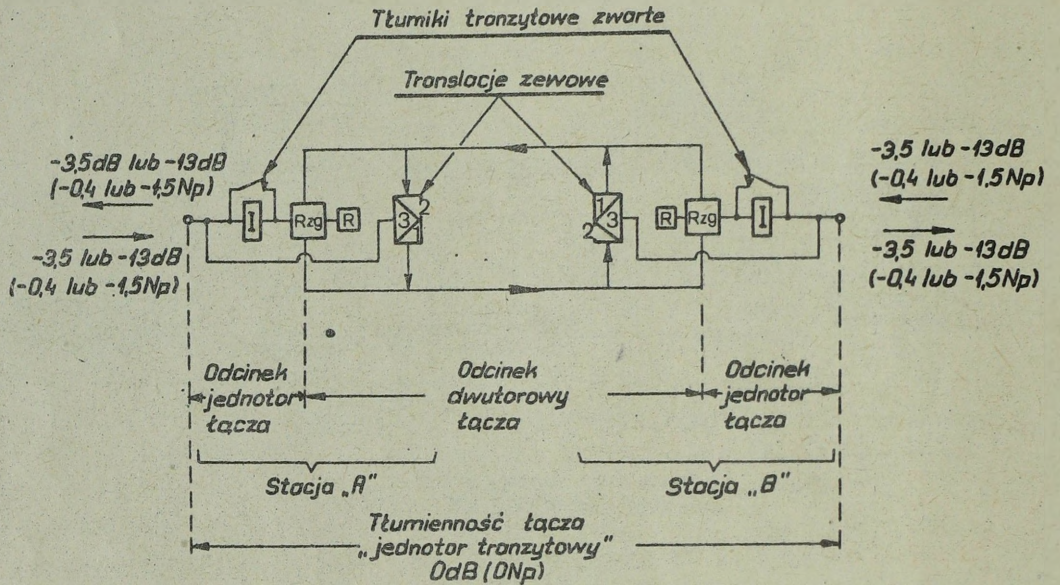


Rys. 3.31. Ideowy schemat łącza telefonicznego "jednotor końcowy" wraz z translacjami zewu, sprzęganego z obwodami "MB" łącznic telefonicznych oraz aparatami telefonicznymi. Oznaczenia translacji zewowych: 1 - nadajnik zewu akustycznego 2100 lub 800 Hz; 2 - odbiornik zewu akustycznego 2100 lub 800 Hz; 3 - odbiornik i nadajnik zewu indukcyjnego 25 Hz

Dwutorowe dalekosiężne łącza telefoniczne są zestawiane na krotnicach telefonicznych w celu zapewnienia telefonicznej łączności utajnionej oraz wtórnego ich zwielokrotnienia za pomocą urządzeń telegrafii wielokrotnej i transmisji danych cyfrowych.

Urządzenia "TI" i "WCz" /łącznice i urządzenia utajniaszące/ są wyposażone w translacje zewowe 2100/25 Hz. W związku z tym jest zbędne, aby dwutorowe układy pracy kanałów krotnic telefonicznych posiadały translacje zewowe, tzn. mogą być "przezroczyste" pod względem zewowym. Zewy są zbędne również w wypadku wtórnego zwielokrotnienia kanałów telefonicznych urządzeniami TW i TD /translacje zewowe wprowadzałyby nawet zakłócenia w pracy urządzeń TW i TD/.

Reasumując, dwutorowe łącza telefoniczne zestawiane na krotnicach telefonicznych są przekazywane ich użytkownikom bez zewów. Należy tylko zapewnić dopasowanie rezystancji i poziomów na wejściach i wyjściach sprzęganych urządzeń. Jeżeli wszystkie urządzenia sprzęgane po stronie stacyjnej mają rezystancję 600 Ω, to pozostaje tylko problem dopasowania poziomów.



Rys. 3.32. Ideowy schemat łącza telefonicznego "jednorozowy" wraz z translacjami zewnymi, sprzęganego z obwodami "DS" /wyposażone w tłumiki tranzytowe/ łącznic telefonicznych

W celu zapewnienia poprawnej współpracy poszczególnych urządzeń /właściwe wysterowanie/ z dwurzędowymi łączami telefonicznymi należy na ich wejściu i wyjściu zapewnić następujące poziomy:

Tabela 3.19

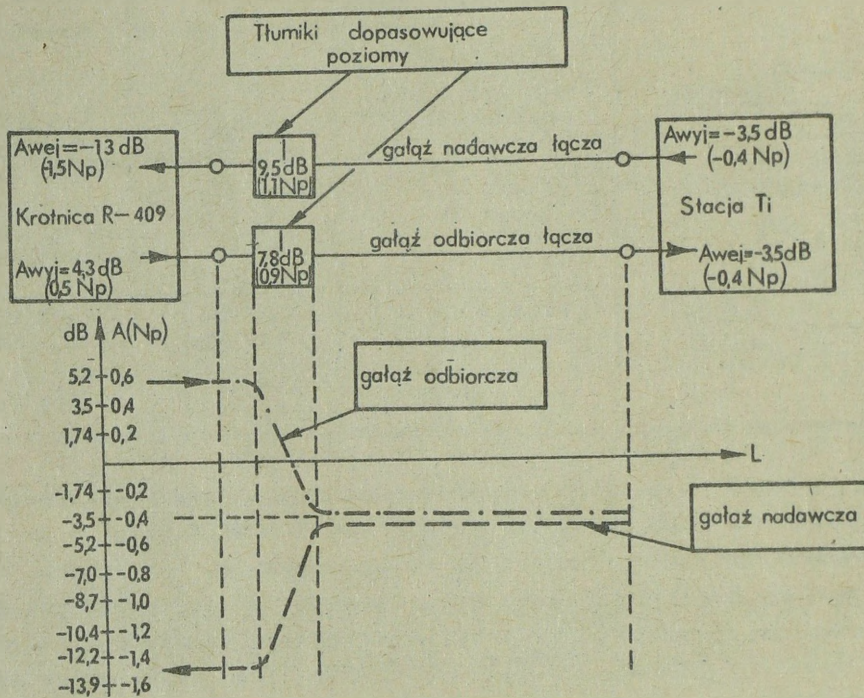
Schemat ideowy dwurzędowego łącza telefonicznego	Rodzaj sprzęganego z dwurzędowym łączem telefonicznego urządzenia	Poziomy dB /Np/	
		A <sub>wejścia</sub>	A <sub>wyjścia</sub>
1	2	3	4
	Łącznica TI lub urządzenie utajniające TI	-3,5 dB /-0,4 Np/	-3,5 dB /-0,4 Np/
	Urządzenia "WCz"	-13 dB /-1,5 Np/	4,3 dB /0,5 Np/

1	2	3	4
	Urządzenia TW /przy wyłączonych tłumikach/	-3,5 dB /-0,4 Np/	-3,5 dB /-0,4 Np/
	Urządzenia TW /przy włączonych tłumikach w ga- łązi nadawczej TW 9,5 dB /1,1 Np/ oraz w gałęzi odbi- orczej TW 7,8 dB /0,9 Np/	-13 dB /-1,5 Np/	4,3 dB /0,5 Np/
	Urządzenia TD <sup>20/</sup>	-3,5 dB /-0,4 Np/ lub -13 dB /-1,5 Np/	-3,5 dB /0,4 Np/ lub 4,3 dB /0,5 Np/

Wykaz poziomów na wejściu i wyjściu dwutorowych łączy telefonicznych niezbędnych w celu zapewnienia poprawnej ich współpracy z urządzeniami wykorzystywanymi na węzłach łączności wskazuje, że krotnice telefoniczne powinny umożliwiać zestawienie bezzewowych dwóch różnych dwutorowych układów pracy kanałów telefonicznych, tj. pierwszy układ dwutorowy z poziomami  $A_{wej} = A_{wyj} = -3,5 \text{ dB} / 0,4 \text{ Np/}$  oraz drugi układ dwutorowy z poziomami  $A_{wej} = -13 \text{ dB} / -1,5 \text{ Np/}$  i  $A_{wyj} = 4,3 \text{ dB} / 0,5 \text{ Np/}$ . W rzeczywistości niektóre krotnice telefoniczne umożliwiają zestawienie tylko jednego bezzewowego dwutorowego układu pracy z poziomami  $A_{wej} = 13 \text{ dB} / -1,5 \text{ Np/}$  i  $A_{wyj} = 4,3 \text{ dB} / 0,5 \text{ Np/}$ . W tym wypadku dopasowanie poziomów pomiędzy urządzeniami węzła łączności wymagającymi poziomów  $A_{wej} = A_{wyj} = -3,5 \text{ dB} / -0,4 \text{ Np/}$  i telefonicznymi kanałami dwutorowymi z poziomami  $A_{wej} = -13 \text{ dB} / -1,5 \text{ Np/}$  i  $A_{wyj} = 4,3 \text{ dB} / 0,5 \text{ Np/}$  można uzyskać poprzez włączenie tłumików w gałęzi nadawczej o tłumienności 9,5 dB / 1,1 Np/ i w gałęzi odbiorczej 7,8 dB / 0,9 Np/. Tłumiki o wymienionych wartościach tłumienności są w ukończeniu niektórych urządzeń /np. stacji radioliniowej R-409/.

Układy pracy kanałów krotnic telefonicznych powinny ponadto umożliwiać zestawienie łączy złożonych, tj. bezpośrednich tranzytów dokonywanych pomiędzy poszczególnymi kanałami krotnic telefonicznych stacji radioliniowych i aparatami łączności dalekosiężnej w celu wydłużenia łączy.

20/ Urządzenie TD może również pracować, wykorzystując jednorodowy układ pracy kanału telefonicznego.



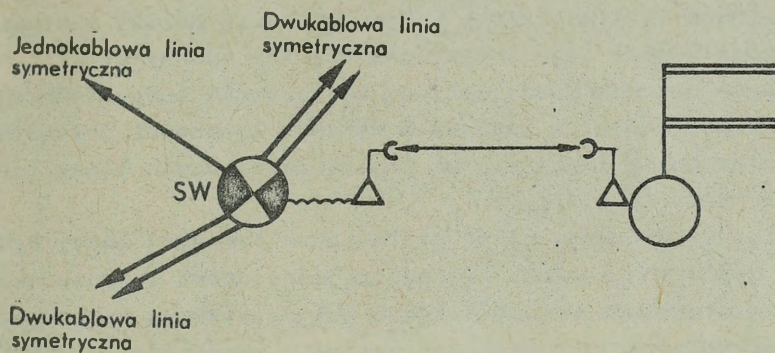
Bys. 3.33. Dopasowanie poziomów pomiędzy dwutorowym łączem telefonicznym zestawionym za pomocą krotnicy telefonicznej R-409 z poziomami  $A_{wej} = -13 \text{ dB} / -1,5 \text{ Np}$  i  $A_{wyj} = 4,3 \text{ dB} / 0,5 \text{ Np}$  oraz stacją utajnioną łączności telefonicznej /TI/ wymagającą poziomów  $A_{wyj} = A_{wej} = -3,5 \text{ dB} / -0,4 \text{ Np}$

Potrzeba zestawienia bezpośrednich łączy tranzytowych<sup>21/</sup> wynika z następujących powodów /rys. 3.34/:

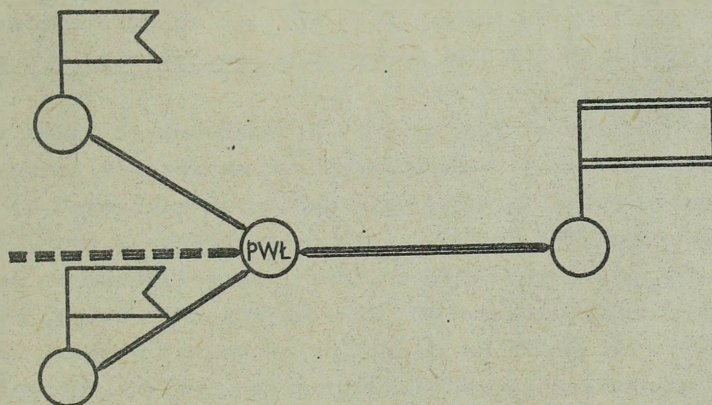
- potrzeby wydłużenia od stacji wzmacniakowych do połowych węzłów łączności kanałów łączności zestawionych na potrzeby dowodzenia wojskami w sieci telekomunikacyjnej użytku publicznego;
- potrzeby zestawienia bezpośrednich łączy pomiędzy punktami dowodzenia w wyniku sprzęgania łączy na pomocniczych węzłach łączności rozwijanych na osi łączności i kierunkach odchodzących od osi;

21/ Należy odróżniać pojęcie "bezpośrednie łączy tranzytowe" i "połączenie tranzytowe" dokonywane doraźnie przez łącznice telefoniczne.

- potrzeby zestawienia bezpośrednich łączy pomiędzy punktami dowodzenia za pośrednictwem podstawowej sieci łączności itp.



a/ Wydłużenie łączy wydzielonych w sieci telekomunikacyjnej użytku publicznego z SW do SD armii za pomocą kierunku radioliniowego.



b/ Zestawienie bezpośrednich łączy na osi łączności i kierunkach pomiędzy SD armii i SD dywizji.

Rys. 3.34. Przykłady uwarunkowań powodujących potrzebę zestawienia bezpośrednich łączy tranzytowych

Zestawienie bezpośrednich łączy tranzytowych wiąże się z potrzebą rozpatrzenia dwóch skrajnie różnych uwarunkowań:

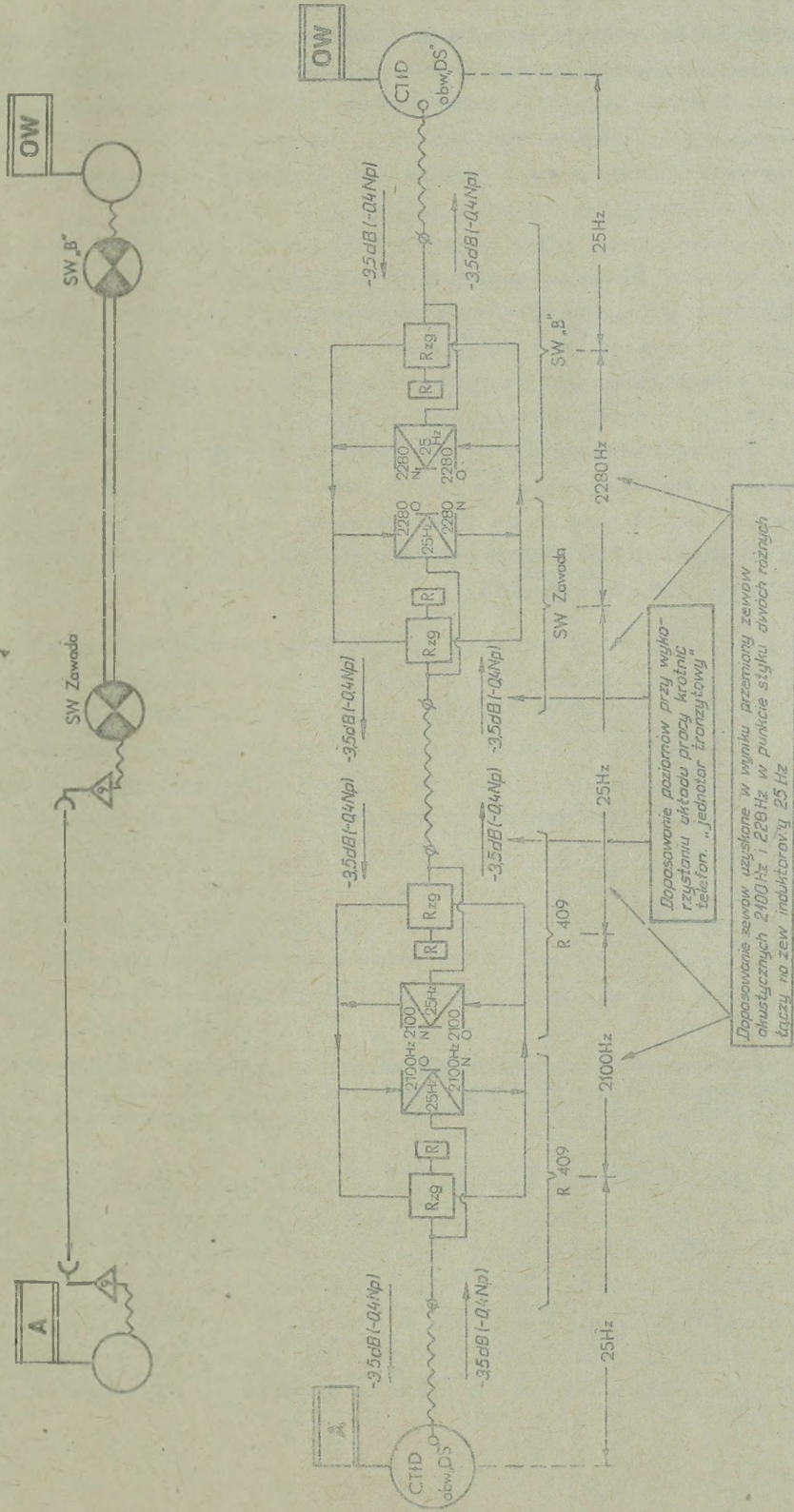
- pierwsze uwarunkowanie dotyczy zestawienia bezpośredniego łączy tranzytowego, które na końcowych węzłach łączności wykorzystywane jest do zapewnienia jawnej łączności telefonicznej, tj. w wypadku gdy na krotnicach telefonicznych końcowych łączy należy zestawić jednotorowo /układ kanału jednotorowy końcowy lub tranzytowy/;

- drugie uwarunkowanie dotyczy zestawienia bezpośredniego łączy tranzytowego, które na końcowych węzłach łączności jest wykorzystywane do zapewnienia łączności za pomocą dwutorowych łączy telefonicznych /TI, WCz, TW i TD/.

Różnica w uwarunkowaniach zestawienia tranzytu łączy wykorzystywanych na końcowych węzłach łączności jednotorowo i dwutorowo polega na tym, że w pierwszym wypadku /łącze wykorzystywane na końcowych węzłach łączności jednotorowo/ zachodzi potrzeba rozpatrzenia możliwości dopasowania poziomów i zewów /przy czym tranzyt może być zestawiony jednotorowo lub dwutorowo/, natomiast w drugim wypadku /łącza wykorzystywane na końcowych węzłach łączności dwutorowo/ zachodzi potrzeba rozpatrzenia tylko możliwości dopasowania poziomów, ponieważ w wypadku łączy dwutorowych zewy są zbędne /TW, TD/ lub są wykorzystane translacje zewowe urządzeń TI lub WCz /przy czym tranzyt może być zestawiony wyłącznie dwutorowo/.

Rozpatrzmy możliwości zestawienia bezpośredniego łączy tranzytowego w odniesieniu do łączy wykorzystywanych na węzłach łączności jednotorowo. W jednotorowych łącach telefonicznych służących do zapewnienia jawnej łączności telefonicznej wykorzystywane są translacje zewowe krotnie telefonicznych. Wojskowe krotnice telefoniczne są wyposażone w dwa typy translacji zewowych 2100 Hz /25 Hz/ /R-404, R-409, P-304 i UTFW-3/6/ oraz 800 Hz/25 Hz /R-405Z/, natomiast w sieci telekomunikacyjnej użytku publicznego wykorzystywanych jest kilka typów translacji zewowych: 500 Hz/20 Hz/25 Hz, 2100/25 Hz, 2280 Hz/25 Hz oraz 3825 Hz/25 Hz. Z przytoczonych danych wynika, że stosowane translacje zewowe są wyposażone w jednolity zew induktorowy /25 Hz/, natomiast występuje duża różnorodność zewów akustycznych: 500/20 Hz, 800 Hz, 2100 Hz<sup>22/</sup>, 2280 Hz i 3825 Hz. Występująca różnorodność zewów akustycznych powoduje, że w punkcie zestawienia tranzytu należy rozpatrzyć i zapewnić możliwość ich dopasowania.

22/ Zew akustyczny 2100 Hz w wojskowych systemach łączności jest traktowany jako zasadniczy.



Rys. 3. 35. Variant zestawienia bezpośredniego łącza tranzytowego przy wykorzystaniu w punkcie styku układów pracy kanałów krotkie telefonicznych "jednotor tranzytowych".

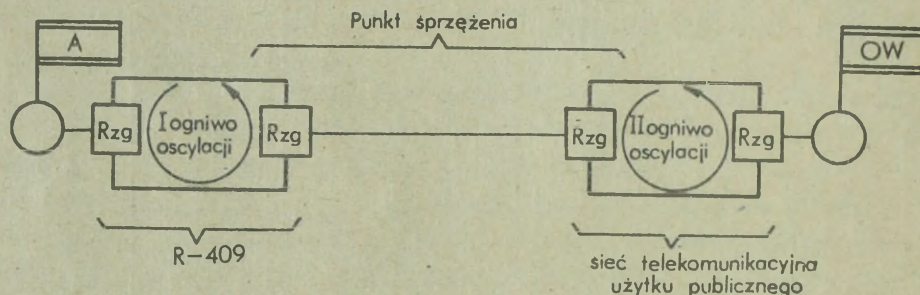
Dopasowanie poziomów przy wyjściu układu przy krotkie telefon. "jednotor tranzytowy"

Dopasowanie poziomów uzyskane w wyniku przemiany zewzów akustycznych 2100 Hz i 2280 Hz w punkcie styku dwóch różnych łącz na zew inductorów 25 Hz

Jednym ze sposobów zestawienia bezpośredniego łącza tranzytowego jest wykorzystanie układów pracy "jednotor tranzytowy" kanałów krotnie telefonicznych. Umożliwiają one dopasowanie zewów w wyniku przemiany zewów akustycznych na indukcyjne /25 Hz/. Zestawienie bezpośredniego łącza tranzytowego zostanie rozpatrzone dla wariantu organizacji łączności, przedstawionego na rysunku 3.35.

Jak zostało przedstawione na rysunku 3.35, przy wykorzystaniu układów pracy kanałów krotnie telefonicznych "jednotor tranzytowy" - w celu sprzężenia dwóch różnych łączy zakończonych na węzłach łączności jednotorowo - zapewnia się dopasowanie poziomów i zewów oraz uzyskanie poprawnie zestawionego bezpośredniego łącza telefonicznego tranzytowego do pracy w układzie nieutajnionej łączności.

Ten sposób sprzęgania kanałów w celu uzyskania bezpośredniego łącza tranzytowego przeznaczonego do pracy jednotorowej na końcowych węzłach łączności należy uznać za dopuszczalny, nie gwarantujący jednak stabilnej łączności, ponieważ występują w nim dwa ogniwa o tendencjach oscylacji /samowzbudzenia/.

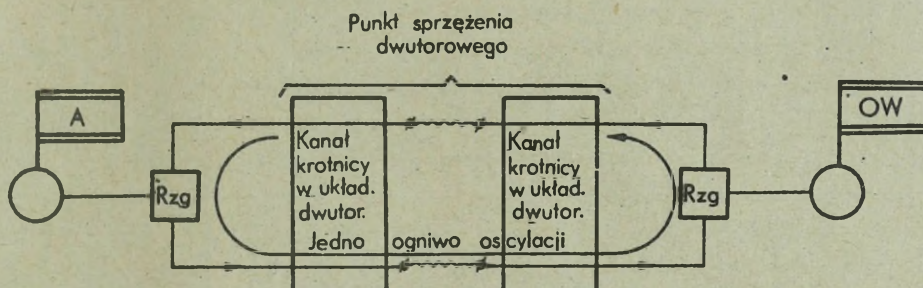


Rys. 3.36. Uproszczony schemat jednotorowego sprzężenia z wykazaniem ogniw oscylacyjnych /rozgałęźniki są elementami powodującymi możliwość powstawania procesów samowzbudzenia/

W związku z przedstawionym niedomaganiem sprzężenia wykonanego jednotorowo zaleca się - jako bardziej poprawne rozwiązanie - zestawienie sprzężeń w sposób dwutorowy, zapewniający wyższą stabilność pracy bezpośredniego jednotorowego łącza tranzytowego.

Dwutorowe sprzężenia mogą być różne i zależą od występujących translacji zewowych w krotnicach telefonicznych. Gdy translacje zewowe w krotnicach są jednorodne, wówczas w punkcie sprzężenia dwutorowego na-

leży zapewnić tylko dopasowanie poziomów, natomiast w wypadku występowania różnych translacji zewowych należy zapewnić również dopasowanie poziomów i zewów.

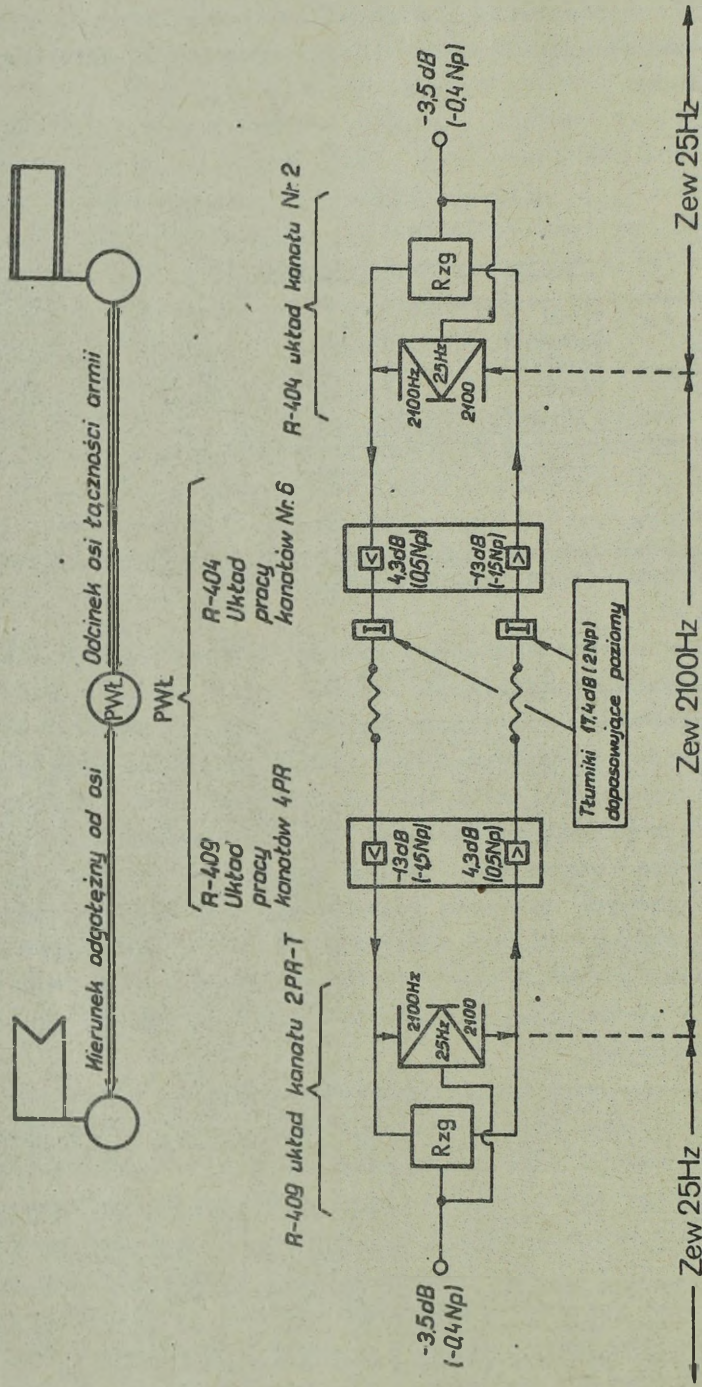


Rys. 3.37. Uproszczonego schematu możliwości oscylacji przy sprzężeniu dwutorowym /jedno ogniwo oscylacyjne/

Istotę zestawienia bezpośredniego jawnego łącza telefonicznego /wymagającego zapewnienia sygnalizacji zewowej przez krotnice telefoniczne/ w wypadku dwutorowego sprzężenia łączy w punkcie styku dwóch różnych relacji łączności i wykorzystania stacji radioliniowych o jednolitym zewie akustycznym /np. 2100 Hz/ przedstawia rysunek 3.38.

W danym wypadku w punkcie sprzężenia można wykorzystać układy kanałów krotnic telefonicznych "dwutor bez translacji zewu" /nazywany w instrukcjach wojskowych dwutor z translacją zewu akustycznego/, uwzględniając, że zapewniają one transmisję zewów akustycznych generowanych przez stacje końcowe. Należy równocześnie zapewnić dopasowanie poziomów w punkcie styku przez włączenie tłumików o ściśle określonych wartościach tłumienności.

W wypadku wykonania sprzężenia dwutorowego relacji radioliniowych /przewodowych/ o niejednorodnym zewie akustycznym, np. R-404 /zew akustyczny 2100 Hz/ i R-405Z /zew akustyczny 800 Hz/, w celu zestawienia bezpośredniego jawnego łącza telefonicznego /wymagającego zapewnienia sygnalizacji zewowej przez krotnice telefoniczne/ zachodzi potrzeba dopasowania zewów i poziomów. Aby zapewnić takie możliwości sprzęgania łączy, konieczne jest wyposażenie kanałów krotnic telefonicznych w dodatkowy układ pracy "dwutor z translacją zewu" /nazywany w instrukcjach wojskowych dwutor z translacją zewu induktorowego/. W takim układzie pracy kanałów telefonicznych wyposażone są krotnice:



Rys. 3.38. Dwutorowe zestawienia bezpośredniego łącza tranzytowego wykorzystywanego na końcowych WL do zapewnienia telefonicznej łączności jawnej / zachodzi potrzeba wykorzystania translacji zewowych krotnic / w wypadku sprzęgania w punkcie styku stacji radioliniowych o jednolitym zewie akustycznym. Zew akustyczny 2100 Hz nadany i odbierany przez stacje końcowe jest transmitowany w punkcie sprzężenia bez przemiany

- R-404 /układ pracy nr 3/;
- R-405Z /układ pracy 4TLF<sub>1</sub> i ATLF<sub>2</sub>/;
- P-304 /układ pracy 4PR-TW/.

Istotę wykorzystania układu pracy kanałów krotnic telefonicznych "dwutor z translacją zewu" przedstawia rysunek 3.39.

Sprzężenie dwutorowe dokonywane w celu zestawienia bezpośredniego jawnego łącza telefonicznego może być zrealizowane pomiędzy kanałami krotnic telefonicznych jednej stacji radioliniowej R-404 /pracującej półkompletami na dwóch różnych kierunkach /przez wykorzystanie układu pracy kanałów nr 5 "retranslacja kanału". W danym wypadku eliminuje się w łączu modem modulacyjno-demodulacyjny, ponieważ sprzężenie jest realizowane na poziomie impulsów kanałowych, a nie na poziomie częstotliwości akustycznych.

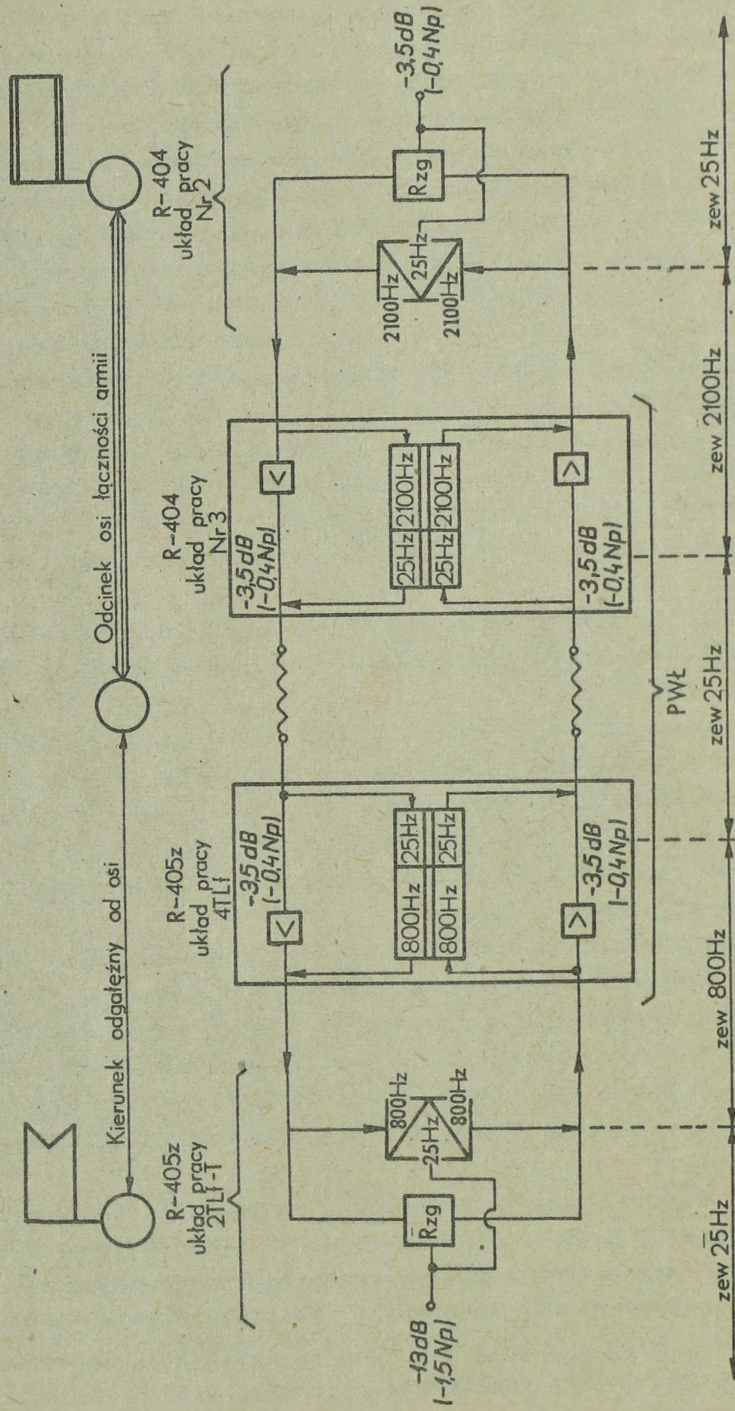
Na podstawie rozpatrzonych możliwości zestawienia tranzytów w odniesieniu do dalekosiężnych łączy telefonicznych jawnych, wykorzystywanych w końcowych węzłach łączności jednotorowo /wykorzystujących translacje zewowe krotnic telefonicznych/, można sprecyzować następujące wnioski:

a/ tranzyt w punkcie sprzężenia kanałów różnych krotnic telefonicznych należy realizować dwutorowo /uzyskuje się wyższą stabilność działania łącza/;

b/ dwutorowego sprzężenia kanałów krotnic telefonicznych o jednolitym zewie akustycznym należy dokonywać, wykorzystując układy pracy kanałów "dwutor bez translacji zewu" /zapewniające transmisję sygnałów akustycznych generowanych przez kanałowe translacje zewowe krotnic na końcowych węzłach łączności/. Równocześnie należy zabezpieczyć dopasowanie poziomów za pomocą tłumików;

c/ dwutorowego sprzężenia kanałów krotnic o różnych zewach akustycznych należy dokonywać, wykorzystując układy pracy kanałów "dwutor z translacją zewu", umożliwiające dopasowanie różnych częstotliwości zewów akustycznych w wyniku przejścia na zew indukcyjny 25 Hz. Gdy w punkcie sprzężenia występują różnice poziomów na wejściu i wyjściu sprzęganych kanałów, wówczas należy osiągnąć dopasowanie za pomocą tłumików;

d/ tranzyt w punkcie sprzężenia kanałów krotnic telefonicznych o różnych zewach akustycznych i nie dysponujących układem pracy "dwutor z translacją zewu" można zrealizować, zestawiając sprzężenie jednotorowo /uzyskuje się jednak niższą stabilność pracy bezpośredniego łącza tranzytowego/. W celu zapewnienia dopasowania poziomów jednotorowe sprzężenie tranzytowe należy realizować, stosując układy pracy kanałów "jednotor tranzytowy";

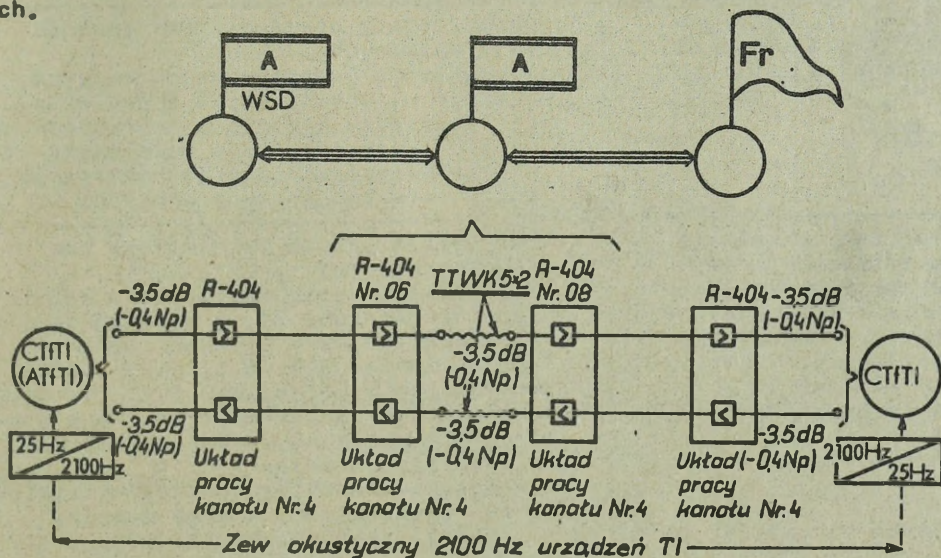


Rys. 3.39. Dopasowanie zewów w punkcie sprzężenia bezpośredniego łącza tranzystorowego /zakończona-go na WŁ w układzie jednorotor tranzystorowy/ przy wykorzystaniu układów pracy kanałów krotnic telefonycznych "dwutor z translacją zewów" /ze względu na jednakowe wartości poziomów w punkcie sprzężenia nie zachodzi potrzeba dopasowania poziomów za pomocą tłumików/.

e/ dla jednotorowego sprzężenia kanałów krotnic R-409 lub UTFW-3/6 z R-405Z<sup>22/</sup> jest charakterystyczne niedopasowanie poziomów, którego nie można zlikwidować za pomocą tłumików. Podany sposób sprzężenia kanałów ww. krotnic jest jedynie możliwym, biorąc pod uwagę, że kanały krotnic R-409 i UTFW-3/6 nie dysponują układem pracy "dwutor z translacją zewu". Dlatego też należy podany sposób zestawiania kanałów łączności stosować w ograniczonym zakresie /w wyjątkowych wypadkach/:

f/ tranzyt pomiędzy kanałami krotnic półkompletów jednej stacji radioliniowej R-404 należy realizować, wykorzystując układ pracy nr 5 "retranslacja kanału" /tranzyt pomiędzy kanałami krotnic różnych stacji R-404 należy zestawiać zgodnie z wyżej podanymi zasadami/.

Zestawienie bezpośredniego łącza tranzytowego, które na końcowych węzłach łączności jest wykorzystywane dwutorowo bez zewów kanałowych krotnic, do zapewnienia łączności TI lub WCz /dysponujących własnymi translacjami zewowymi/ oraz w celu wtórnego ich zwielokrotnienia urządzeniami TW lub TD/ zewów nie wykorzystuje się/ należy dokonywać wyłączenie dwutorowo, zapewniając dopasowanie poziomów na obu kierunkach transmisyj /nadawanie i odbiór/ za pomocą tłumików. W celu zestawienie tranzytu należy wykorzystywać układy pracy kanałów krotnic telefonicznych "dwutor bez translacji zewów", biorąc pod uwagę, że wymienione łącza nie wykorzystują kanałowych translacji zewów krotnic telefonicznych.



Rys.3.40. Przykład zestawienie tranzytu na SD armii w celu zapewnienia dwutorowego bezpośredniego łącza TI pomiędzy SD frontu i WSD armii /zapewnia się w punkcie sprzężenia dopasowanie poziomów - tłumiki są zbędne/.

22/ W R-405Z zastosowano nietypowe poziomy i zew akustyczny.

Gdy tranzyt jest zestawiony pomiędzy kanałami telefonicznymi krotnic stacji radioliniowej R-404 pracującej na dwóch kierunkach w układzie końcowym, wówczas należy do zestawienia tranzytu wykorzystać bezmodemowy układ pracy nr 5 /retranslacja kanału/.

Na podstawie dokonanego przeglądu potrzeb i możliwości sprzęgania łączy telefonicznych można ustalić minimalnie niezbędne i pożądane układy pracy kanałów krotnic telefonicznych. Ich rodzaje i sposób wykorzystania przedstawia tabela 3.20.

Tabela 3.20

Układy pracy kanałów krotnic telefonicznych i ich przeznaczenie

Nazwa układu pracy kanału krotnicy telefonicznej	Sposób wykorzystania
1	2
Minimalnie niezbędne układy pracy	
1. Jednotor końcowy - w większości wypadków stosowane są poziomy: $A_{wej} = 0dB/0Np/$ $A_{wyj} = -7dB/-0,8Np/$	1. Sprzężenie z obwodami "MB" łącznic telefonicznych. 2. Sprzężenie bezpośrednio z aparatami telefonicznymi /urządzeniami konferencyjno-dyspozytorskimi/.
2. Jednotor tranzytowy - w większości wypadków stosowane są poziomy: $A_{wej} = A_{wyj} = -3,5 dB$ $/-0,4Np/$	1. Sprzężenie z obwodami "DS" łącznic telefonicznych. 2. Zapewnienie jednotorowego tranzytu stałego w punkcie styku dwóch relacji /pomiędzy krotnicami o różnych zewach akustycznych/ w celu zestawienia bezpośredniego jednotorowego telefonicznego łącza jawnego.
3. Dwutor bez translacji zewu /nazywany w szeregu instrukcjach dwutorem z translacją zewu akustycznego/ z poziomami: $A_{wej} = -13dB/-1,5Np/$ $A_{wyj} = 4,3dB/0,5Np/$	1. Zestawienie łącza dwutorowego bez zewu na potrzeby /WCz", TW i TD. 2. Zestawienie łącza dwutorowego bez zewu na potrzeby TI, z uwzględnieniem włączenia: w kierunku nadawania - tłumika 9,6 dB/1,1Np/, odbioru-tłumika 7,8dB/0,9Np/. 3. Zestawienie dwutorowego tranzytu stałego w punkcie styku dwóch relacji w celu zestawienia: - bezpośredniego dwutorowego-przebiegu telefonicznego łącza w całej relacji na potrzeby TI, WCz, TW i TD/; - bezpośredniego wykorzystywanego na końcowych Wł jednotorowo /telefonicznego łącza jawnego w odniesie-

1	2
	niu do krotnic wyposażonych w jednolite translacje zewu akustycznego. Na obu kierunkach transmisji należy włączyć tłumiki o tłumienności 17,4dB/2Np/.
Pożądane układy pracy	
4. Dwutor bez translacji zewu /nazywany w szeregu instrukcjach dwutor z translacją zewu akustycznego/ z poziomami: $A_{w3j} = -3,5dB / -0,4Np /$  $A_{wyj} = -3,5dB / -0,4Np /$	1. Zestawienie łącza dwutorowego bez zewu na potrzeby TI, TW i TD. 2. Zapewnienie dwutorowego tranzytu stałego /bez potrzeby włączania tłumików dopasowania poziomów/ w punkcie styku dwóch relacji w celu zestawienia: - bezpośredniego dwutorowego przebiegu łącza telefonicznego w całej relacji /na potrzeby TI, WCz, TW i TD/; - bezpośredniego /wykorzystywanego na końcowych Wł jednororowo/ telefonicznego łącza jawnego w odniesieniu do krotnic wyposażonych w jednolite translacje zewu akustycznego.
5. Dwutor z translacją zewu /nazywany w szeregu instrukcjach dwutorem z translacją induktorowego zewu/ - w większości wypadków stosowane są poziomy: $A_{wej} = -3,5dB / -0,4Np /$ $A_{wyj} = -3,5dB / -0,4Np /$	1. Zapewnienie dwutorowego tranzytu stałego w wypadku wykorzystywania krotnic wyposażonych w odmienne kanałowe translacje zewu akustycznego /dopasowanie zewów akustycznych zapewnia się w wyniku przejścia na zew induktorowy 25 Hz /w celu zestawienia bezpośredniego telefonicznego łącza jawnego /wykorzystywanego na końcowych Wł jednororowo/.
6. Retranslacja kanału /stosowana w krotnicach z modulacją impulsową R-404/	1. Bezmodemowy tranzyt dwutorowy /na poziomie impulsów kanałowych/ pomiędzy kanałami telefonicznymi krotnic jednej stacji radioliniowej R-404, pracującej na dwóch różnych kierunkach łączności, umożliwiający zestawienie dowolnego typu bezpośredniego telefonicznego łącza /wykorzystywanego na końcowych Wł jedno - lub dwutorowo/.

W krotnicach telefonicznych wykorzystywanych w polowych systemach łączności stosowane układy pracy kanałów przedstawia tabela 3.21.

Zalecane układy pracy kanałów krotnic, które należy stosować w celu zestawienia tranzytów stałych, w odniesieniu do telefonicznych łączy jawnych wykorzystywanych na końcowych węzłach łączności jednororowo przedstawia tabela 3.22.

Zalecane układy pracy kanałów krotnic, które należy stosować w celu zestawienia tranzytów stałych w odniesieniu do łączy telefonicznych wykorzystywanych na końcowych węzłach łączności dwutorowo przedstawia tabela 3.23.

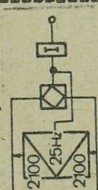
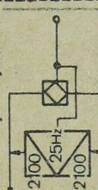
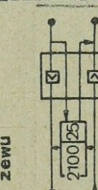
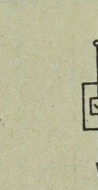
Zalecane układy pracy kanałów wojskowych krotnic telefonicznych przy zestawieniu tranzytów stałych pomiędzy telefonicznymi urządzeniami teletransmisyjnymi resortu łączności i wojskowymi stacjami radioliniowymi /aparatomniami łączności dalekosiężnej/ - w celu doprowadzenia łączy dalekosiężnych wydzielonych w sieci telekomunikacyjnej użytku publicznego ze stacji wzmacniakowych do polowych węzłów łączności - przedstawiają:

- tabela 3.24 w odniesieniu do telefonicznych łączy wykorzystywanych na końcowych węzłach łączności jednotorowo /łączność jawna/;

- tabela 3.25 w odniesieniu do telefonicznych łączy wykorzystywanych na końcowych węzłach łączności dwutorowo /dla potrzeb TI, WCz, TW i TD/.

Tabela 3.21

Układy pracy kanałów krotnic telefonicznych

Nazwa układu pracy kanału	Typ sprzętu, oznaczenia układu pracy i częstotliwości	Poziomy dB /Np/
1 Jednotor końcowy 	R-404 2100/25Hz R-409 2100/25Hz R-405Z 800Hz/25Hz P-304 2100Hz/25Hz UTfW-3/6 2100Hz/25Hz	A <sub>wy1</sub>
2 Jednotor tranzystowy 	2PR-OK	0 dB/0Np/ -7dB /-0,8Np/
3 Dwutor z translacją zewu 	2PR-OK 2TLF-K	-8,7dB /-1Np/ -17,4dB /-2Np/
4 Retranslacja kanału 	2PR-T 2TLF-T 4TLF1 4TLF2 4TLG	-3,5dB /-0,4Np/ -13dB /-1,5Np/ -13dB /-1,5Np/ -3,5dB /-0,4Np/ -12,2dB /-1,4Np/ 3,5dB /0,4Np/
5 Retranslacja kanału	4PR-TW SA	-3,5dB /-0,4Np/ 4,3 dB /0,5Np/
6 Impuley kanałowe		

x/ Urządzenia P-304 nowszej produkcji nie posiadają układu pracy kanału "dwutor z translacją zewu 4PR-IW".

Tabela 3.22

Układy pracy krotnic telefonicznych i wartości tłumików dla dopasowania poziomów zalecane do zestawienia tranzytów stałych w odniesieniu do telefonicznych łączy jawnych wykorzystywanych na końcowych WŁ jednorotorowo

Typ krotnicy /stacji/	R-404	R-409	R-405Z	P-304	UTFW-3/6
1		3	4	5	6
R-404	<p>2</p> <p>między krotnicami jednej stacji nr 5/nr 5</p> <p>między krotnicami różnych stacji nr4/nr 4</p> <p>O/O</p> <p>4PR/Nr 6</p> <p>17,4dB/2Np/1</p> <p>17,4dB/2Np/</p> <p>4TLF<sub>1</sub>/Nr 3</p> <p>O/O</p> <p>4PR-TW/Nr 4</p> <p>O/O</p> <p>2T/Nr 6</p> <p>17,4dB/2Np/1</p> <p>17,4dB/2Np/</p>	<p>Nr 6/4PR</p> <p>17,4dB/2Np/1</p> <p>17,4dB/2Np/</p> <p>4PR/4PR</p> <p>17,4dB/2Np/1</p> <p>17,4dB/2Np/</p> <p>2TLF-T/2PR-T</p> <p>jednorotor-nie-dopasowanie poziomów</p> <p>SA/4PR</p> <p>17,4dB/2Np/1</p> <p>17,4dB/2Np/</p> <p>2T/4PR</p> <p>17,4dB/2Np/1</p> <p>17,4dB/2Np/</p>	<p>Nr 3/4TLF<sub>1</sub></p> <p>O/O</p> <p>2PR-T/2TLF-T</p> <p>jednorotor-nie-dopasowanie poziomów</p> <p>4TLG/4TLG</p> <p>O/O</p> <p>4PR-IW/4TLF<sub>1</sub></p> <p>O/O</p> <p>1T-TR/2TLF-T</p> <p>jednorotor-nie-dopasowanie poziomów</p>	<p>Nr 4/4PR-TW</p> <p>O/O</p> <p>4PR/SA</p> <p>17,4dB/2Np/1</p> <p>17,4dB/2Np/</p> <p>4TLF<sub>1</sub>/4PR-IW</p> <p>O/O</p> <p>4PR-TW/4PR-TW</p> <p>O/O</p> <p>2T/SA</p> <p>17,4dB/2Np/1</p> <p>17,4dB/2Np/</p>	<p>Nr 6/2T</p> <p>17,4dB/2Np/1</p> <p>17,4dB/2Np/</p> <p>4PR/2T</p> <p>17,4dB/2Np/1</p> <p>17,4dB/2Np/</p> <p>2TLF-T/1T-TR</p> <p>jednorotor-nie-dopasowanie poziomów</p> <p>SA/2T</p> <p>17,4dB/2Np/1</p> <p>17,4dB/2Np/</p> <p>2T/2T</p> <p>17,4dB/2Np/1</p> <p>17,4dB/2Np/</p>
R-409					
R-405Z					
P-304					
UTFW-3/6					

Tabela 3.23

Układ pracy krotnic telefonicznych i wartości tłumików dla dopasowania poziomów zalecane do zestawienie tranzytów stałych w odniesieniu do telefonicznych ię- czy wykorzystywanych na końcowych WŁ dwutorowo /dla potrzeb TI,WCz,TW i TD/

Typ krotnicy /stacji/	R-404	R-409	R-405Z	P-304	UTfW-3/6
R-404	2 1	3 1	4 0/0	5 0/0	6 1 17,4dB/2Np/ 17,4dB/2Np/
R-409	4PR/Nr 6 17,4dB/2Np/ 17,4dB/2Np/ 4TLG/Nr 4 0/0	Nr 6/4PR 17,4dB/2Np/ 17,4dB/2Np/	4PR/4TLG 9,6dB/1,1Np/ 7,8dB/0,9Np/ 4TLG/4TLG 0/0	4PR/SA 17,4dB/2Np/ 17,4dB/2Np/ 4TLG/4PR-TW 0/0	4PR/2T 17,4dB/2Np/ 17,4dB/2Np/ 4TLG/2T 9,6dB/1,1Np/ 7,8dB/0,9Np/
R-405Z	4PR-TW/Nr 4 0/0	SA/4PR 17,4dB/2Np/ 17,4dB/2Np/	4PR-TW/4TLG 0/0	4PR-TW/4PR-TW 0/0	SA/2T 17,4dB/2Np/ 17,4dB/2Np/
P-304	2T/Nr 6 17,4dB/2Np/ 17,4dB/2Np/	2T/4PR 17,4dB/2Np/ 17,4dB/2Np/	2T/4TLG 9,6dB/1,1Np/ 7,8dB/0,9Np/	2T/SA 17,4dB/2Np/ 17,4dB/2Np/	2T/2T 17,4dB/2Np/ 17,4dB/2Np/
UTfW-3/6					

Tabela 3.24

Układy pracy kanałów wojskowych krotnic telefontycznych i wartości tłumików dla dopasowania poziomów zalecone do zestawienia tranzystorów stałych przy odbiorze łączy ze stacji wzmacniakowych w celu doprowadzenia ich do połowych węzłów łączności za pomocą kierunków radioliniowych lub przewodowych w odniesieniu do łączy wykorzystywanych na punktach dowodzenia do zapewnienia telefonicznej łączności jawnej /łącza jednotorowe/

Parametry kanałów telefonicznych resortu łączności doprowadzanych ze stacji wzmacniakowych do połowych węzłów łączności za pomocą wojskowych środków radioliniowych/przewodowych/

Typ krotnicy /stacji wojskowej/	Łącze zestawione dwutorowo z poziomami: A <sub>wyj</sub> = -13dB/-1,5Np/ A <sub>wyj</sub> = 4,3dB/0,5Np/ Częstotliwości translacji ze- wowych: 500/20/25Hz 2280/25Hz, 3825Hz/25Hz	Łącze zestawione dwutorowo z poziomami: A <sub>wyj</sub> = -13dB/-1,5Np/ A <sub>wyj</sub> = 4,3dB/0,5Np/ Częstotliwości translacji ze- wowych: 2100/25Hz	Łącze zestawione jednoto- rowo z poziomami: A <sub>wyj</sub> = -3,5dB/-0,4Np/ Dowolne częstotliwości zewów akustycznych, zew induktorowy 25Hz
1	Nr 3 9,6dB/1,1Np/ 1 7,8dB/0,9Np/ brak możliwości	Nr 6 17,4dB/2Np/ 1 17,4dB/2Np/ 4PR 17,4dB/2Np/ 1 17,4dB/2Np/ 4TLF 1 9,6dB/1,1Np/ 1 7,8dB/0,9Np/ 4PR=IW 9,6dB/1,1Np/ 1 7,8dB/1,1Np/ brak możliwości	Nr 2 /nie zaleca się/ 4 2 PR-T
R-404			
R-409			
R-405Z			brak możliwości /nie- dopasowanie poziomów/
P-304			2 PR-TR
UTFw-3/6			Jednotor z wyłączonym tłumikiem/1T-TR/

Tabela 3.25

Układy pracy kanałów wojskowych krotnic telefonicznych i wartości tłumików dla dopasowania poziomów zalecane do zestawienia tranzytów stałych przy odbiorze łączy ze stacji wzmacniakowych w celu doprowadzenia ich do polowych WŁ za pomocą kierunków radioliniowych /przewodowych/ w odniesieniu do łączy wykorzystywanych na punktach dowodzenia do zapewnienia łączności dwutorowej /TI, WCz, TW, TD/

Typ krotnicy /stacji/ wojskowej	Parametry kanałów telefonicznych resortu łączności doprowadzanych ze stacji wzmacniakowych do polowych węzłów łączności za pomocą wojskowych środków radioliniowych /przewodowych/
	łącze zestawione dwutorowo z poziomami: $A_{wej} = -13 \text{ dB}/-1,5 \text{ Np/}$ $A_{wyj} = 4,3 \text{ dB}/0,5 \text{ Np/}$
R-404	Nr 6 17,4dB/2Np/ i 17,4dB/2Np/
R-409	4PR 17,4dB/2Np/ i 17,4dB/2Np/
R-405Z	4 TLG 9,6dB/1,1Np/ i 7,8dB/0,9Np/
P-304	SA 17,4dB/2Np/ i 17,4dB/2Np/
UTFW-3/6	2T 17,4dB/2Np/ i 17,4dB/2Np/

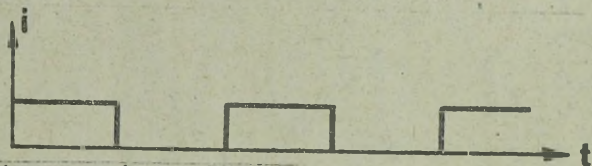
### 3.4. Zasady sprzęgania łączy telegraficznych w łańcuchy telekomunikacyjne

W polowych systemach łączności dalekosiężne łącza telegraficzne używa się w wyniku:

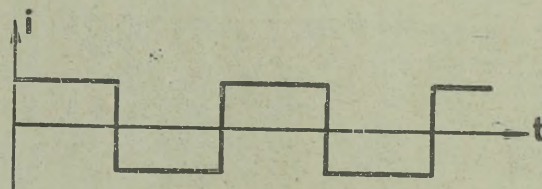
- wtórnego zwielokrotnienia łączy telefonicznych za pomocą urządzeń telegrafii wielokrotnej /krotnic telegraficznych/ typu P-318, UTgW-3/6 oraz TgF-2p;
- wykorzystania krotnic telegraficznych stacji radioliniowych R-405Z /zwielokrotniających telegraficznie tor nośny/;
- wykorzystania wieloukładowej przystawki telegraficznej liniowej PTWL-3.

W teletransmisyjnych urządzeniach telegraficznych stosowanych w wojskowych systemach łączności stany znamionowe mogą być cechowane:

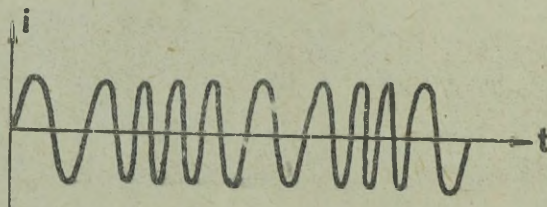
- wartością prądu stałego;
- kierunkiem prądu stałego;
- wartością częstotliwości prądu przemiennego.



a/ wartością prądu stałego.



b/ kierunkiem prądu stałego.



c/ wartością częstotliwości prądu przemiennego.

Rys.3.41. Sposoby transmisji sygnałów telegraficznych w polowych systemach łączności

W zależności od sposobu transmisji sygnałów telegraficznych teletransmisyjne urządzenia telegraficzne dzielą się na:

- urządzenia teletransmisyjne prądu stałego;
- urządzenia teletransmisyjne prądu przemiennego.

W polowych systemach łączności wykorzystywane są przede wszystkim urządzenia teletransmisyjne prądu przemiennego /P-318, UTgW-3/6, krotnice telegraficzne R-405Z i TgF-2PM/. Jedynym urządzeniem teletransmisyjnym prądu stałego wykorzystywanym w polowych systemach łączności, zwłaszcza do zestawienia dalekosiężnych łączy telegraficznych na liniach napowietrznych, jest wieloukładowa przystawka telegraficzna liniowa PTWL-3. W wypadku wykorzystania przystawki PTWL-3 sygnały prądu stałego wytworzone przez dalekopis nadawczy są transmitowane przez łączy telegraficzne w postaci zmian prądu stałego /sygnał dyskretny/ do dalekopisu odbiorczego. Inaczej odbywa się transmisja sygnałów telegraficznych w wypadku wykorzystania urządzeń teletransmisyjnych prądu przemiennego. /Sygnały prądu stałego, wytworzone przez dalekopis nadawczy, są przetwarzane w telegraficznych urządzeniach teletransmisyjnych po stronie nadawczej na sygnały prądu przemiennego w celu zapewnienia możliwości ich transmisji za pomocą kanałów analogowych /telefonicznych/, następnie po stronie odbiorczej w telegraficznych urządzeniach teletransmisyjnych sygnały prądu przemiennego są przetwarzane na sygnały prądu stałego i transmitowane do dalekopisu odbiorczego. Zastosowanie krotnic telegraficznych prądu przemiennego o dużej skali złożoności nastąpiło z potrzeby kompleksowego wykorzystania sił i środków łączności w aktualnie rozwijanych polowych systemach łączności, których zasadniczą cechą jest ich charakter analogowy /ze względu na przewagę ilości wiadomości przekazywanych telefonicznie, tj. za pomocą sygnałów analogowych/. Zmiana stanów znamionowych prądu stałego /sygnał dyskretny lub cyfrowy/ na wartości częstotliwości prądu przemiennego /sygnał analogowy/ jest realizowana w krotnicach telegraficznych w wyniku wykorzystania następujących kanałowych częstotliwości pracy /dotyczy P-318 i UTgW-3/6/:

Tabela 3.26

Nr kanału	Częstotliwość średkowa $F_0$ /Hz/	Częstotliwość stanu znamionowego /+/ $F_2$ /Hz/	Częstotliwość stanu znamionowego /-/ $F_1$ /Hz/	Nr kanału	Częstotliwość średkowa $F_0$ /Hz/	Częstotliwość stanu znamionowego /+/ $F_2$ /Hz/	Częstotliwość stanu znamionowego /-/ $F_1$ /Hz/
1	450	500	400	7/1/	1530	1580	1480
2	630	680	580	8/2/	1710	1760	1660
3	810	860	760	9/3/	1890	1940	1840
4	990	1040	940	10/4/	2070	2120	2020
5	1170	1220	1120	11/5/	2250	2300	2200
6	1350	1400	1300	12/6/	2430	2480	2380

W urządzeniu TW typu P-318 wykorzystywanym na jednym kierunku łączności 12-kanałowo stosuje się częstotliwości pracy jak w tabeli 3.26. W wypadku wykorzystania urządzenia TW typu P-318 na dwóch kierunkach łączności /6-kanałowo na każdym/ stosuje się częstotliwości pracy odpowiadające kanałom od nr 7 do nr 12 /układ B/. Podobne kanałowe częstotliwości pracy są wykorzystane w wypadku stosowania na jednym kierunku 6-kanałowo urządzeń TW typu UTgW-3/6. Oznacza to, że urządzenie UTgW-3/6 i P-318 w układach pracy 6-kanałowych mogą między sobą współpracować po stronie liniowej. Urządzenia UTgW-3/6 mogą być wykorzystywane również do zapewnienia łączności na dwóch kierunkach /po 3 kanały na każdym/. W tym wypadku wykorzystywane są następujące kanałowe częstotliwości pracy:

- pierwszy kierunek - kanałowe częstotliwości pracy odpowiadające kanałom od nr 7 do nr 9;
- drugi kierunek - kanałowe częstotliwości pracy odpowiadające kanałom od nr 10 do nr 12.

Krotnice telegraficzne stacji radioliniowej R-405Z po stronie liniowej są podłączone bezpośrednio do toru nośnego i wykorzystują następujące nadakustyczne kanałowe częstotliwości pracy:

- 1 kanał telegraficzny: 8,5kHz i 9,1kHz;
- 2 kanał telegraficzny: 12,2kHz i 12,8kHz.

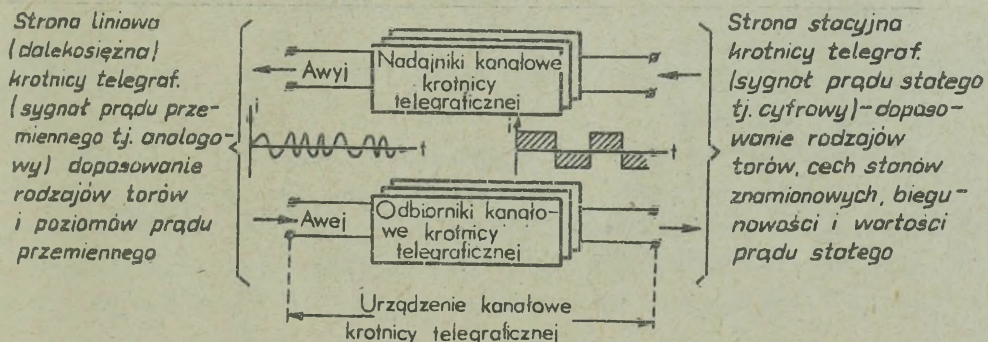
W dwukanałowym urządzeniu TgF-2PM stosowane są kanałowe częstotliwości pracy w paśmie 2700-3400 Hz. Oznacza to, że za pomocą kanału te-

lefonicznego zwielokrotnionego urządzeniem TgF-2PM można zapewnić łączność telefoniczną w zawężonym paśmie oraz zestawić dwa łącza telegraficzne /w tym pierwszy 50-bodowy i drugi 100-bodowy/.

W toku eksploatacji krotnic telegraficznych należy mieć na uwadze, że na wejściu i wyjściu po stronie stacyjnej /węzłowej/ krotnicy występuje prąd stały /stany znamionowe cechowane kierunkiem lub wartością prądu/, a po stronie liniowej /dalekosiężnej/ - prąd przemienny /stany znamionowe cechowane wartością częstotliwości/. Sprzęgając krotnice telegraficzne odpowiednio z kanałami telefonicznymi, urządzeniami łączeniowymi i utajniającymi itp., należy zapewnić dopasowanie rodzajów pracy w następującym zakresie:

1. po stronie liniowej /dalekosiężnej/ krotnicy /wykorzystywany jest prąd przemienny, tj. sygnał analogowy/ pomiędzy wyjściem i wejściem krotnicy telegraficznej oraz zwielokrotnionym kanałem telefonicznym należy zapewnić dopasowanie rodzajów torów oraz wartość poziomów sygnałów/;

2. po stronie stacyjnej /węzłowej/ krotnicy /wykorzystywany jest prąd stały, tj. sygnał dyskretny/ na wejściu i wyjściu poszczególnych kanałów krotnicy telegraficznej oraz współpracujących urządzeń /łączeniowe, utajniające itp./ należy zapewnić możliwość zasilania telegraficznych obwodów liniowych i regulacji wartości prądów liniowych, wykorzystanie jednorodnych torów liniowych /odpowiednio jednotor lub dwutor/ oraz cech prądu stałego /stany znamionowe cechowane kierunkiem i wartością prądu/. W wypadku występowania różnych torów lub cech prądów liniowych w punkcie styku należy zapewnić włączenie układu dopasowującego. W toku nawiązywania łączności telegraficznej na odcinku stacyjnym /węzłowym/ należy ponadto zapewnić na krosach i w kablowych liniach połączeniowych właściwe przyporządkowanie par żył kierunków nadawczego i odbiorczego, a także poprawne przyporządkowanie poszczególnych żył z punktu widzenia zabezpieczenia właściwej biegunowości przepływów prądów liniowych.



Rys.3.42. Ideowy schemat kanału krotnicy telegraficznej.

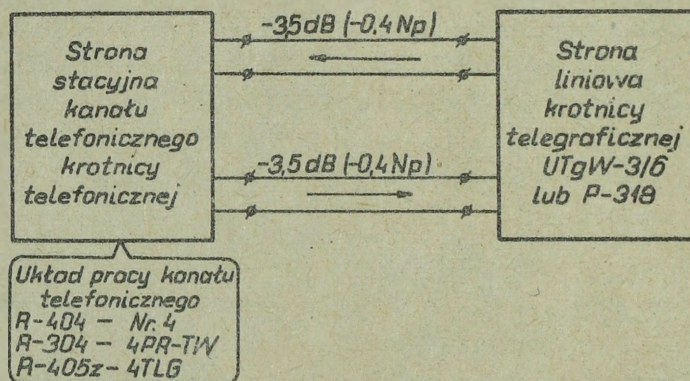
Strona liniowa /sygnał analogowy/ krotnic telegraficznych charakteryzuje się następującymi parametrami wejściowo-wyjściowymi:

Tabela 3.27

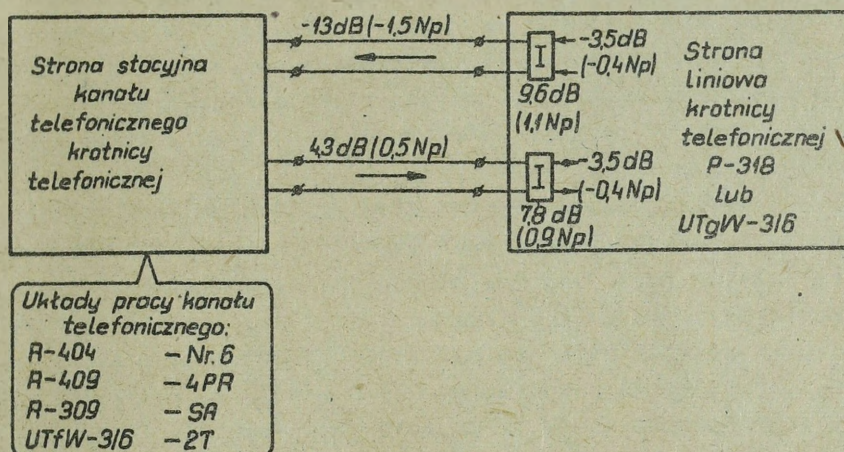
Parametry wejściowo-wyjściowe krotnic telegraficznych typu P-318, UTgW-3/6 i R-405Z po stronie liniowej

Typ krotnicy	Rodzaj toru	Poziomy dB /Np/	
		$A_{wyj/nad/}$	$A_{wej/odb/}$
P-318	dwutor	bez tłumików	bez tłumików
1		-3,5dB/-0,4Np/	-3,5dB/-0,4Np/
UTgW-3/6		z włączonym tłumikiem	z włączonym tłumikiem
		9,6dB/1,1Np/:	7,8dB/0,9Np/:
		-13dB/-1,5Np/	4,3dB/0,5Np/
Kanały telegraficzne R-405Z	wyjście i wejście kanałów telegraficznych są na stałe podłączone dwutorowo do torów nośnych stacji radioliniowej R-405Z		

Stosownie do przedatawionych w tabeli 3.27 wejściowo-wyjściowych parametrów strony liniowej /dalekosiężnej/ krotnic telegraficznych ich sprzężenie z łączami telefonicznymi może być realizowane przy wykorzystaniu dwutorowych bezzewowych układów pracy kanałów krotnic telegraficznych wymienionych na rysunku 3.43.

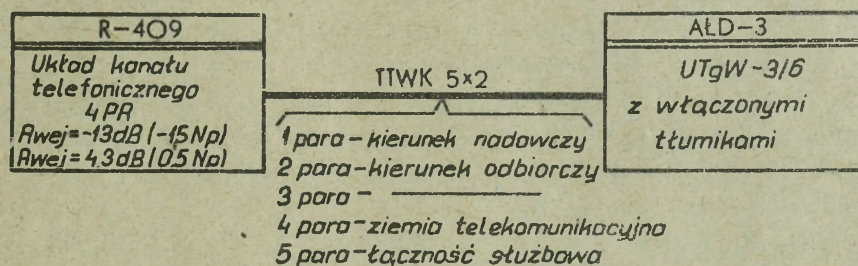


a/ przy wyłączonych tłumikach na wyjściu i wejściu strony liniowej kanałów krotnicy telegraficznej



b/ przy włączonych tłumikach na wejściu i wyjściu strony liniowej kanałów krotnicy telegraficznej

Rys. 3.43. Układy pracy kanałów krotnic telefonicznych zapewniające poprawne sprzężenie z urządzeniami telegraficznymi P-318 i UTgW-3/6



Rys. 3.44. Przykład sprzężenia UTgW-3/6 z kanałem telefonicznym R-409

Poszczególne kanały telegraficzne krotnic telegraficznych są sprzęgane po stronie stacyjnej na węzłach łączności z telegraficznymi urządzeniami komutacyjnymi, końcowymi i utajniającymi. W celu omówienia zasad sprzęgania urządzeń telegraficznych należy dokonać przeglądu ich charakterystyk wejściowo-wyjściowych. W niniejszym opracowaniu

przeгляд charakterystyk wejściowo-wyjściowych przeprowadzono w odniesieniu do węzła łączności stanowiska dowodzenia dywizji /aparatowni ATgS-A/. Przedstawione zasady sprzęgania urządzeń telegraficznych na węzle łączności dywizji są w pełni adekwatne pod względem merytorycznym w odniesieniu do węzłów łączności innych szczebli dowodzenia.

Na węzle łączności dywizji /w aparatowni ATgS-A/ wykorzystywane są następujące urządzenia telegraficzne:

- dalekosiężna łącznica telegraficzna /tTgD-23NN/ wykorzystywana w układzie telegraficznej łączności jawnej, umożliwiająca podłączenie 16 telegraficznych łączy dalekosiężnych za pośrednictwem telegraficznych przystawek liniowych typu PTgL-3 oraz 7 dalekopisów dołączonych do łącznicy za pośrednictwem telegraficznych przystawek aparatowych typu PTgA-1. Ponadto do podstawowego wyposażenia łącznicy tTgD-23NN należy zaliczyć 6 przystawek sznurowych typu PS-2 włączonych w pary łączeniowo-sznurowe, umożliwiających dokonywanie połączeń: wewnętrznych /między dalekopisami na punkcie dowodzenia/, dalekosiężnych końcowych /między dalekopisem i telegraficznym łączem dalekosiężnym/ oraz dalekosiężnych tranzytowych /między telegraficznymi łączami dalekosiężnymi/;

- telegraficzne urządzenia utajniające typu BM i przystawki manipulacyjne typu PM BM-1 /po 4 sztuki/ wykorzystywane do zapewnienia telegraficznej łączności utajnionej. Wymienione urządzenia współpracują z 4 telegraficznymi przystawkami aparatowymi typu PTg-2 /umożliwiające podłączenie dalekopisów zewnętrznych, tj. spoza aparatowni ATgS-A/, z 3 telegraficznymi przystawkami aparatowymi PTgA-3 /umożliwiające podłączenie dalekopisów wewnętrznych zainstalowanych w aparatowni ATgS-A/ oraz polem manipulacyjnym, umożliwiającym dokonywanie połączeń pomiędzy telegraficznymi utajnionymi łączami dalekosiężnymi i dalekopisami wykorzystywanymi do zapewnienia telegraficznej łączności automatycznie utajnionej;

- dalekopisy z przystawkami dalekopisowymi.

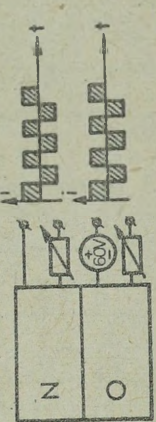
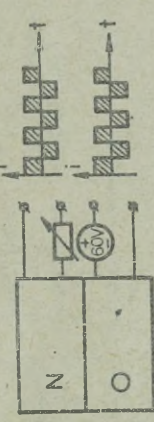
Typy urządzeń wykorzystywanych na Wt SD dywizji, ich przeznaczenie i parametry wejściowo-wyjściowe przedstawia tabela 3.28.

Zestawienie odcinków prądu stałego telegraficznych łańcuchów telekomunikacyjnych na szczeblu dywizji /ATgS-A/ ilustrują schematy:

- w układzie łączności jawnej - rysunek 3.45;

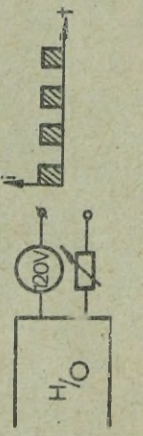
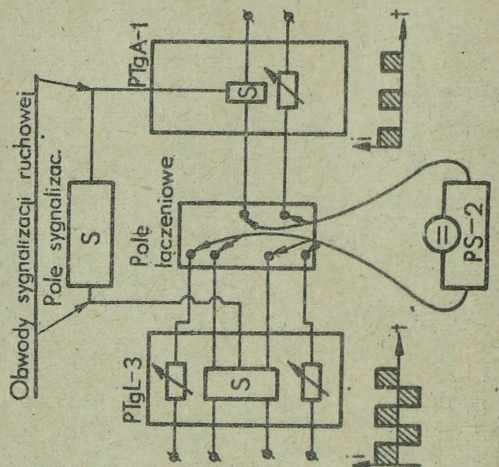
- w układzie łączności utajnionej - rysunek 3.46.

Typy urządzeń telegraficznych wykorzystywanych w dywizji, ich przeznaczenie i parametry wyjściowo-wejściowe

Typ urządzenia	Przeznaczenie	Parametry liniowe	Uproszczony schemat	Kryteria sprzężenia
<p>1 Strona stacyjna kanału telegraficznego P-318 i UT9W-3/6</p>	<p>2 zamiana sygnału dyskretnego na analogowy</p>	<p>3 dwutorowa praca kanałem prądu +60V/+20mA</p>		<p>5 współpraca z urządzeniami dwutorowymi zapewniającymi zasilanie liniowe na kierunku nadawczym/np. Dali-bor, urządzenie "BM", tTGD/</p>
<p>Układ kanału telegraficznego "BODO" st.r./lin. R-405Z</p>	<p>zamiana sygnału dyskretnego na analogowy</p>	<p>dwutorowa praca kanałem prądu +60V/+20mA</p>		<p>Współpraca z urządzeniami dwutorowymi zapewniającymi zasilanie liniowe na kierunku nadawczym i regulację prądów liniowych na kierunku odbiorczym /np. Dali-bor, urządzenie "BM"-tTGD/</p>

Zasilanie liniowe tylko na kierunku odbiorczym.  
Regulacja prądów liniowych w obu kierunkach

Zasilanie liniowe tylko na kierunku odbiorczym.  
Regulacja prądów liniowych tylko na kierunku nadawczym.

<p>1 Układ kanału telegraficznego "4 drut" st. r/lin. R-405Z</p>	<p>2 zamiana sygnału dyskretnego na analogowy</p>	<p>3 dwutorowa praca wartości prądu 120V/40mA</p>	<p>4 zasilanie i regulacja prądów liniowych - jek w układzie BODO /tylko praca odbywa się wartością prądu/</p>	<p>5 nie wykorzystywane praktycznie</p>
<p>Układ kanału telegraficznego "2 drut" st. r/lin. R-405Z</p>	<p>zamiana sygnału dyskretnego na analogowy</p>	<p>jednotorowa praca wartości prądu 120V/40mA</p>		<p>nie wykorzystywane praktycznie</p>
<p>ŁTgD-23</p>	<p>dokonywanie połączeń telegraficznych łączności jawnej:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-wewnętrznych;</li> <li>-dalekosiędnych końcowych;</li> <li>-dalekosiędnych tranzytowych</li> </ul>	<p>po stronie stacyjnej: jednotorowa praca wartości prądu 120V/40mA; po stronie liniowej /dalekosiędnej/: dwutorowa praca kierunku prądu +60V/+20mA</p>	<p>współpraca po stronie liniowej /dalekosiędnej/ z kanałami telegraficznymi dwutorowymi przy pracy kierunkiem prądu, zapewnianym zasileniem kierunków odbiorczych /P-318, UTgW-3/6, "BODO"-R-405Z/ oraz po stronie stacyjnej - z dalekosiędnymi pracującymi samodzielnie zasilaniem prądu oraz wartości /I-63, Dalibor, STA-2M i urządzenie szyfrowe "D".</p>	
				

1

2

3

4

5

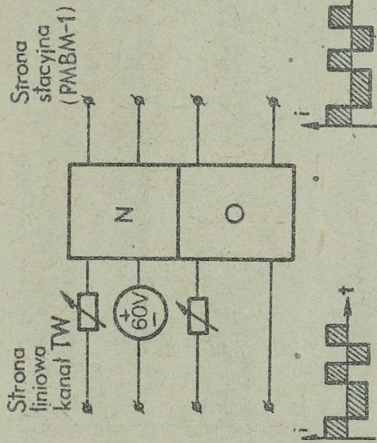
Urządzenie  
"BM"

utajnienie  
wiadomości  
telegraficz-  
nych

po stronie  
liniowej  
i stacyj-  
nej:  
dwutor -  
praca  
kierunkiem  
prądu

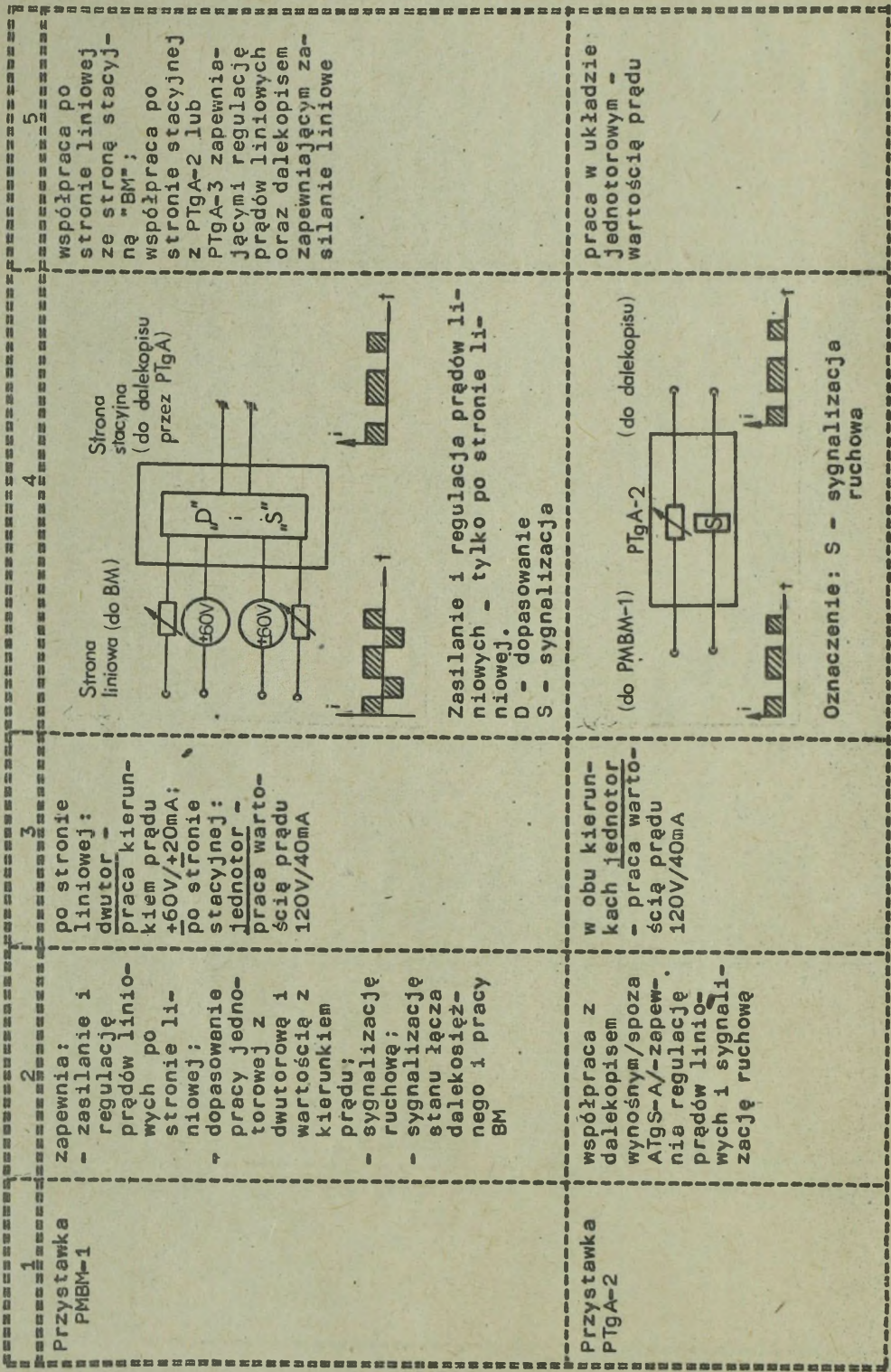
- PTGL-3 i PTGA-1 zapewnia:  
- pomiar i regulację prądów li-  
niowych;  
- przekazywanie na pole sygnali-  
zacyjne LTGD sygnałów rucho-  
wych;  
PS-2 zapewnia:  
- dopasowanie różnych torów i  
rodzajów sygnałów;  
- zasilanie liniowe kierunków  
nadawania.

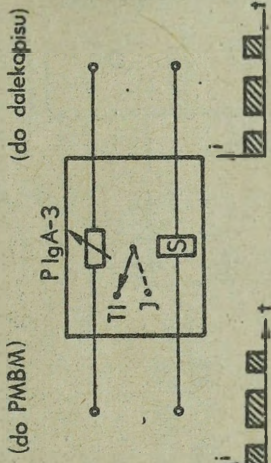
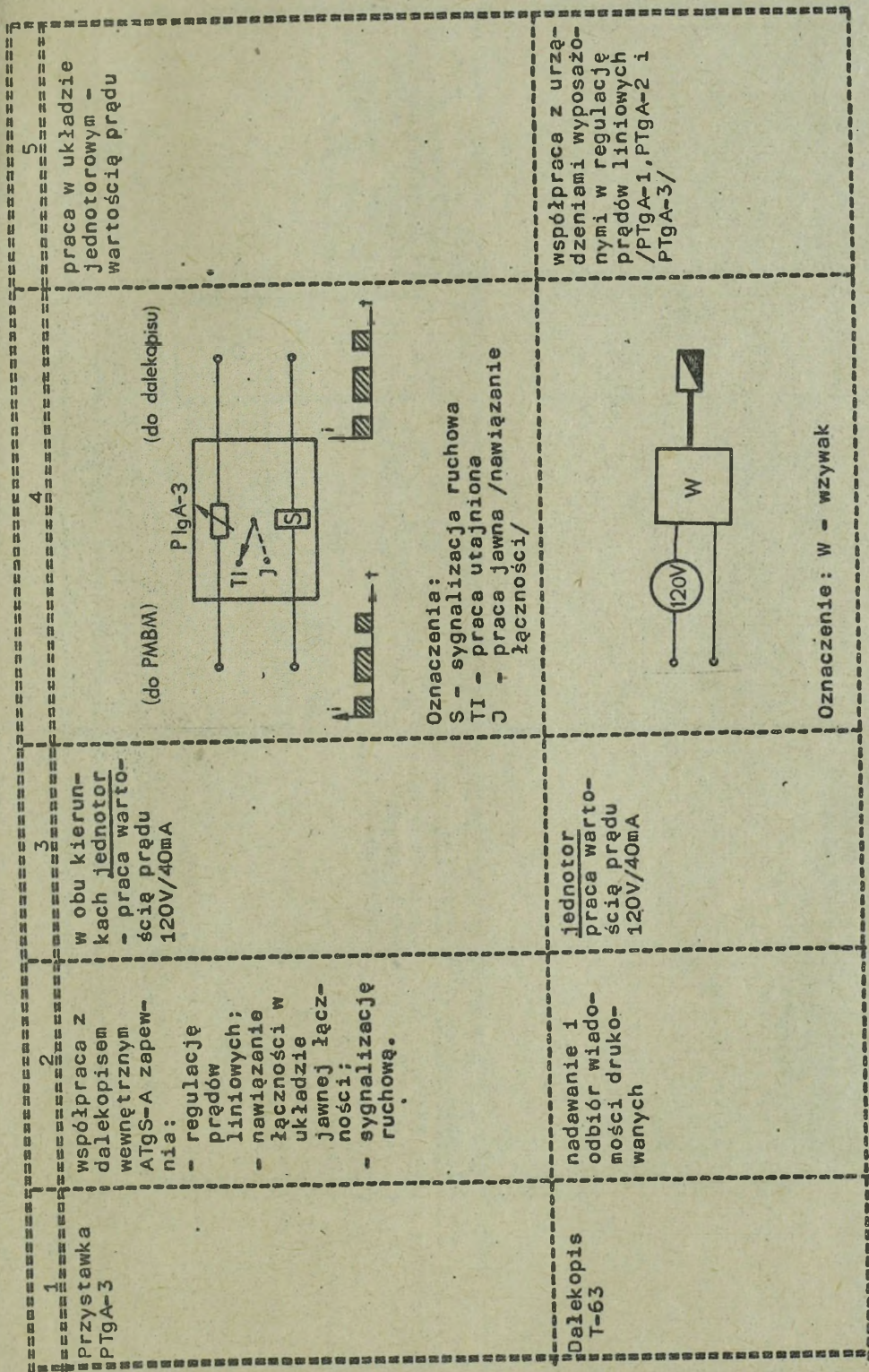
Uwaga: literą "S" oznaczono ukia-  
dy sygnalizacji ruchowej



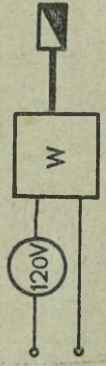
Zasilanie liniowe - tylko na kie-  
runku nadawczym po stronie li-  
niowej.  
Regulacja prądów liniowych - na  
obu kierunkach tylko po stronie  
liniowej

współpraca po  
stronie liniowej  
z kanałami tele-  
graficznymi za-  
pewniającymi za-  
silenie liniowe  
na kierunku od-  
biornym;  
współpraca po  
stronie stacyj-  
nej z PMBM-1  
zapewniającą  
zasilanie linio-  
we i regulację  
prądów linio-  
wych obu kierun-  
ków transmisji





Oznaczenia:  
S - sygnalizacja ruchowa  
TI - praca utajniona  
J - praca jawna /nawiązanie  
łączości/



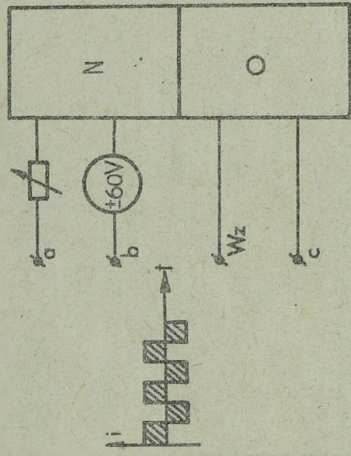
Oznaczenie: W - wzywak

Dalekopis  
Delibor  
302/AŁD-3/

2  
nadawanie i odbiór wiadomości drukowanych  
układ pracy: "2T" /simpleks/ "2T" /dupleks/

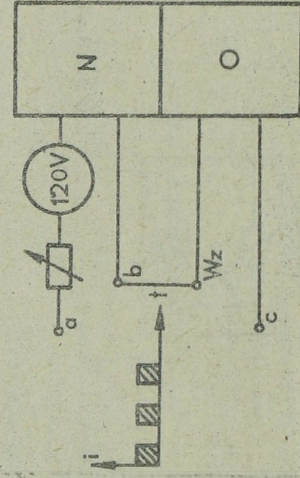
3  
dwutorowa praca kierunkiem prądu +60V/±20mA.

5  
bezpośrednia współpraca z dalekopisami łączącymi telegraficznymi w AŁD-3

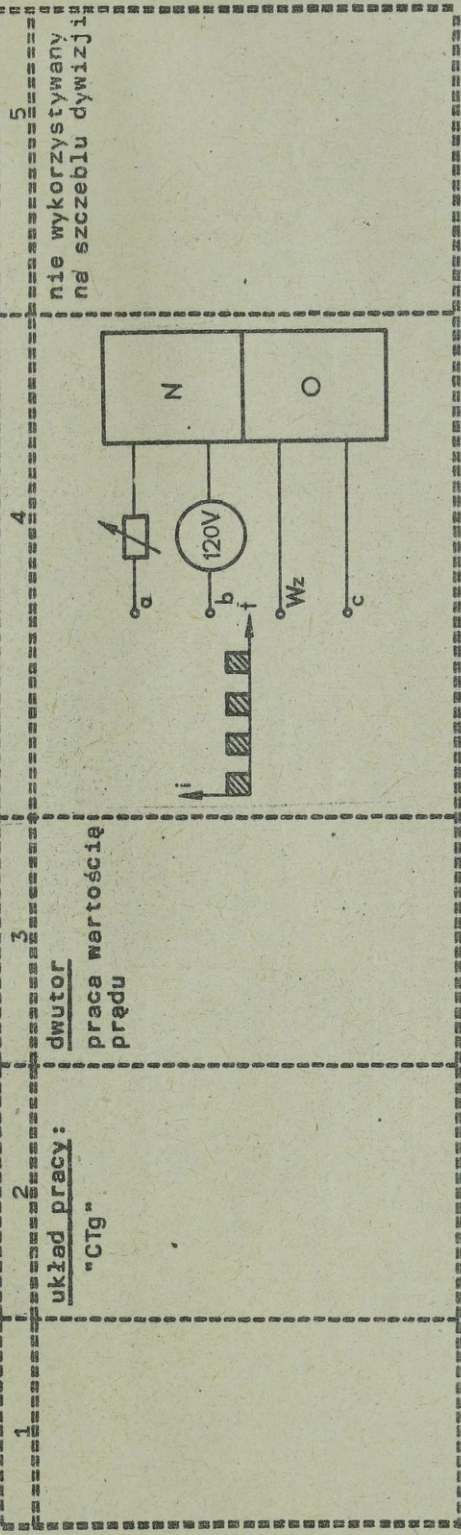


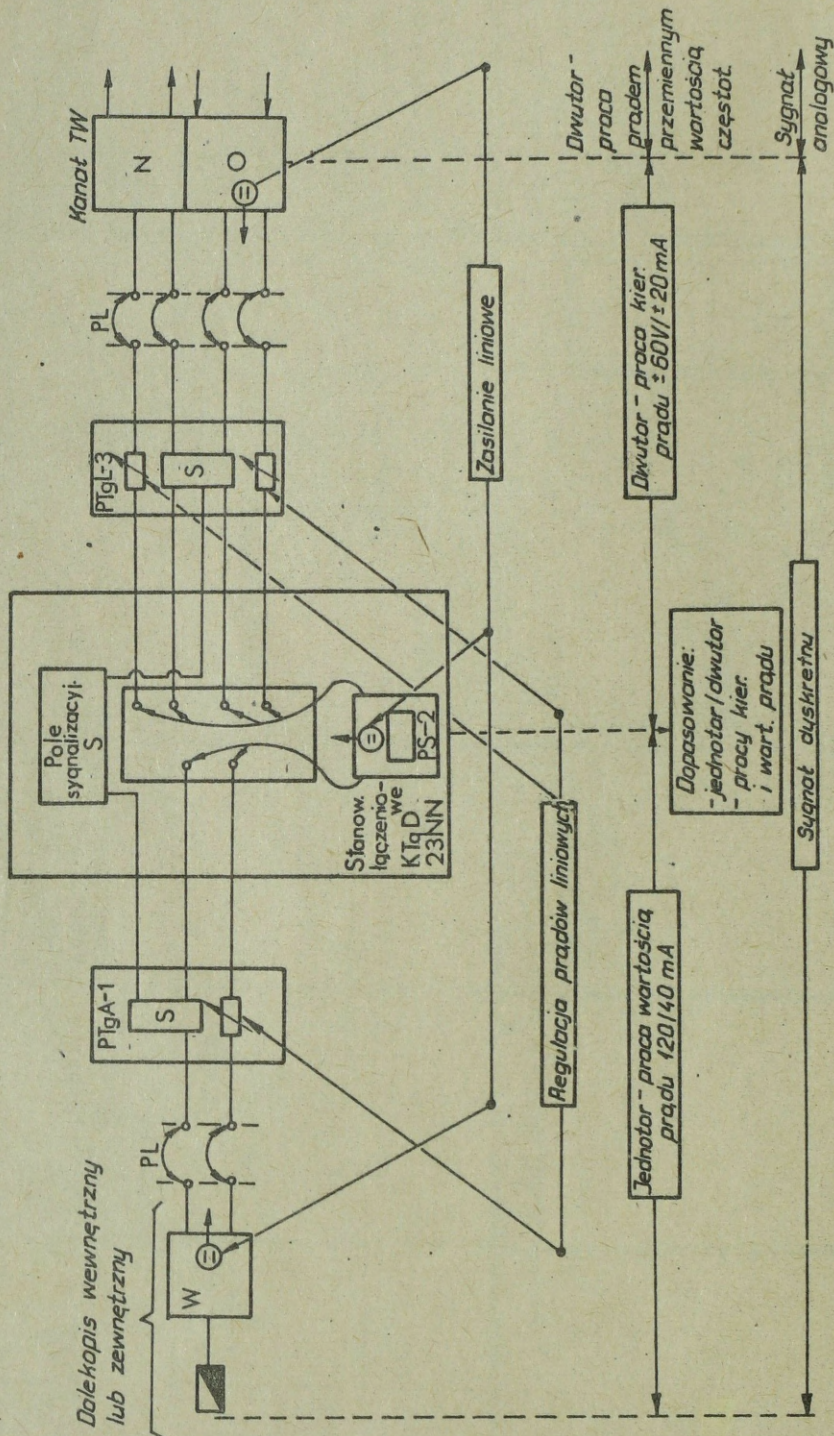
układ pracy: "CTg" "B"

1  
jednutorowa praca wartości prądu 120V/40mA

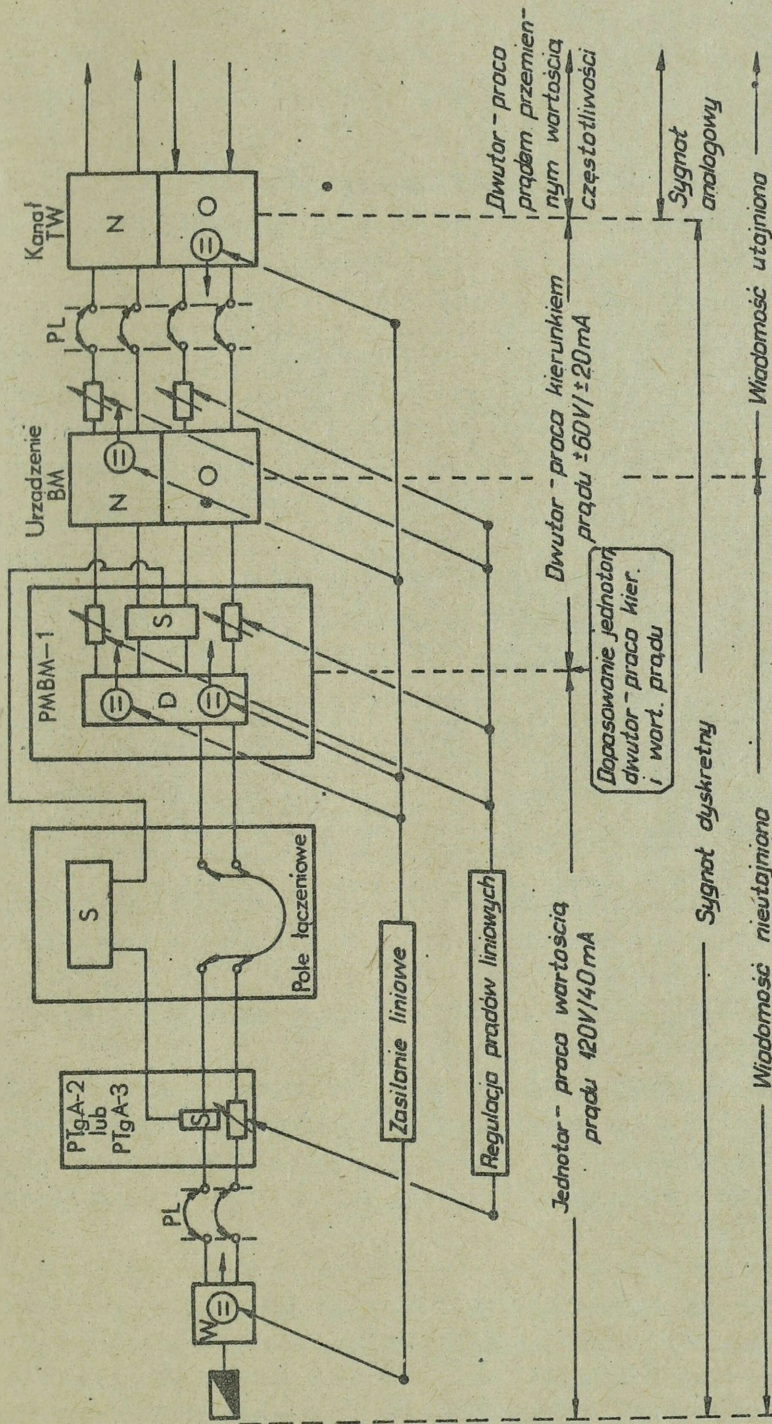


współpraca z TgD-23NN poprzez PTgA-1, a także z "BM" poprzez PTgA-2 lub PTgA-3 oraz PMBM-1





Rys.3.45. Schemat blokowy odcinka prądu stałego jawnego telegraficznego łańcucha telekomunikacyjnego na szczeblu dywizji / ATGS-A/



Rys. 3.46. Schemat blokowy odcinka prądu stałego utajnionego telegraficznego łańcucha telekomunikacyjnego na szczeblu dywizji /ATGS-A/

## R o z d z i a ł 4

### ZASADY PLANOWANIA ROZDZIAŁU CZĘSTOTLIWOŚCI RADIOWYCH Z UWZGLĘDNIENIEM KOMPATYBILNOŚCI ELEKTROMAGNETYCZNEJ

#### 4.1. W s t ę p

Zapewnienie niezawodnej łączności radiowej jest w dużej mierze zależne od właściwego doboru częstotliwości dla danej relacji radiowej.

Niniejszy rozdział omawia zasady przydziału częstotliwości do pracy środków radiowych. Planowanie przydziału częstotliwości dla poszczególnych związków i oddziałów powinno uwzględniać przede wszystkim:

- właściwości propagacji fal radiowych;
- zapewnienie kompatybilności elektromagnetycznej;
- uodpornienie łączności radiowej na zakłócenia celowe przeciwnika.

W procesie planowania powinno się mieć na uwadze następujące uwarunkowania:

1/ Duża część zakresu częstotliwości, w którym pracują radiostacje wojskowe, wykorzystywana jest przez cywilne radiowe urządzenia nadawcze, które w czasie działań wojennych, jeżeli nie zostaną obezwładnione, będą intensywnie eksploatowane przez walczące strony /np.: radiofonia, telewizja itp./.

2/ Zakresy częstotliwości środków radiowych przeciwnika są zbliżone do charakterystycznych dla naszego sprzętu, co ma istotne znaczenie w wypadku jednoczesnej ich pracy.

3/ Dodatkowym źródłem zakłóceń dla naszych urządzeń będą własne środki walki radioelektronicznej.

Minister obrony narodowej, omawiając ćwiczenie pk. "TARCZA-76", podkreślił, że aktualnie kształtuje się czwarty wymiar współczesnego pola walki. Obok działań prowadzonych na lądzie, morzu i w atmosferze podejmowane będą przedsięwzięcia zmierzające do ich rozszerzenia na nową sferę, tzw. "eter".

Walka o panowanie w "eterze" jest prowadzona od wielu lat przez zespoły naukowo-badawcze, konstrukcyjne i doświadczalno-badawcze. Jednocześnie znajduje ona odbicie w szkoleniu wojsk, w strukturach organizacyjno-etatowych wojsk łączności itp. Wydanie przez Sztab Zjednoczonych Sił Zbrojnych projektu instrukcji, omawiającej sposoby zapewnienia

nia kompatybilności elektromagnetycznej na polu walki, nakładającej obowiązek kierowania przedsięwzięciami w tym zakresie na szefów sztabów związków i oddziałów świadczy dobitnie o randze powyższego problemu.

#### 4.2. Właściwości propagacji fal radiowych

Rozprzestrzenianie się fal radiowych jest zależne od szeregu czynników pozostających poza wpływem ludzkim, a więc możliwościami oddziaływania na nie. Występują one obiektywnie, a ich wpływ charakteryzują prawa fizyki. Znajomość zasad propagacji fal radiowych jest zasadniczym warunkiem poprawnego planowania i kierowania eksploatacją łączności radiowej. Dlatego też nawet pobieżny przegląd warunków propagacji fal radiowych jest nieodzowny, aby można było sprecyzować zasady przydziału częstotliwości.

Fale radiowe są falami elektromagnetycznymi stanowiącymi wzajemnie skojarzone pole elektryczne i magnetyczne, rozprzestrzeniające się w atmosferze z szybkością zbliżoną do prędkości światła, tj. ok. 300 tys. km/sek. Proces rozprzestrzeniania się fal radiowych polega na wywoływaniu w kolejnych obszarach przestrzeni zmiennych pól magnetycznych przez pole elektryczne i odwrotnie - pól elektrycznych przez pola magnetyczne. Długość trasy, na której odbywa się pełny cykl zmiany składowych fali elektromagnetycznej rozprzestrzeniającej się z uprzednio podaną prędkością, nazywa się długością fali.

Pomiędzy generowaną przez nadajnik częstotliwością i długością fali występuje ścisła współzależność określona ze wzoru:<sup>23/</sup>

$$\lambda \text{ /m/} = \frac{300}{f \text{ /MHz/}} ; \quad f \text{ /MHz/} = \frac{300}{\lambda \text{ /m/}}$$

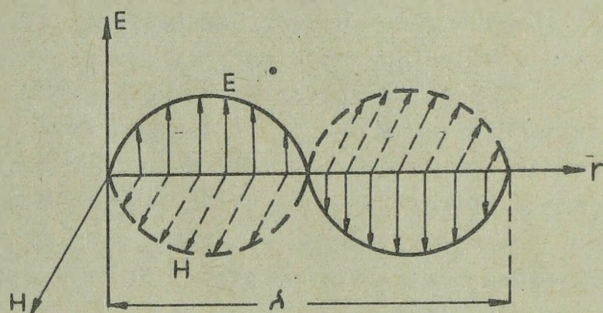
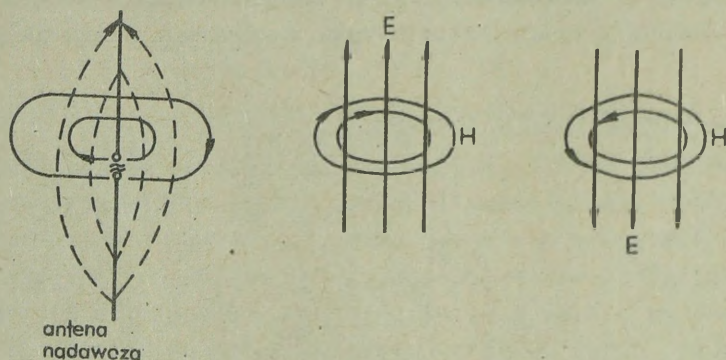
Pole elektryczne jest charakteryzowane również gęstością mocy /S/, tj. ilością elektromagnetycznej mocy przypadającej na jednostkę powierzchni. Określa się ją ze wzoru:

$$S = E \cdot H$$

Gęstość mocy mierzy się w watach na metr kwadratowy /  $\frac{W}{m^2}$  /.  
W praktyce, ze względu na wyższą sprawność pomiarów pola elektrycznego,

23/ Podane wzory odnoszą się do próżni i atmosfery, w innych środowiskach szybkość rozprzestrzeniania się fal jest mniejsza i występują inne zależności.

*Propagacja fal ultrakrótkich.*  
*- specyfikacja 30 - 87,5 MHz.*  
*- specyfikacja 118 - 405 MHz*  
*- specyfikacja mikrofal.*  
*fala powierzchniowa - fala przestrzenna*  
*rozprzestrzenienie troposferyczne*  
*rozprzestrzenienie jonosferyczne - troposferyczne*



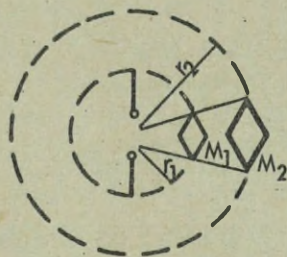
Rys. 4.1. Propagacja fal radiowych / E - natężenie pola elektrycznego mierzone w  $\frac{V}{m}$ ,  $\frac{mV}{m}$  i  $\frac{\mu V}{m}$ ; H - natężenie pola magnetycznego mierzone w  $\frac{A}{m}$ ,  $\frac{mA}{m}$ ,  $\frac{\mu A}{m}$ ;  $\lambda$  - długość fali mierzona w km, m, cm, mm/.

obliczenia związane z określeniem parametrów pola elektromagnetycznego są odnoszone do wartości natężenia pola elektrycznego. Ponieważ pomiędzy natężeniami pól elektrycznego i magnetycznego występuje ścisła zależność /tj.  $H = \frac{E}{120\pi}$ /, gęstość mocy może być również wyrażona ze wzoru:

$$S = \frac{E^2}{120\pi}$$

Rozpatrzmy wpiertw zachowanie się fali radiowej w fikcyjnym środowisku - w próżni o nieograniczonej przestrzeni, zwanej także wolną przestrzenią.

Fala radiowa wypromieniowana za pomocą anteny izotropowej /antena promieniująca energię we wszystkich kierunkach równomiernie/ będzie rozprzestrzeniać się w wolnej przestrzeni bez strat energetycznych we wszystkich kierunkach. Nastąpi jedynie ze wzrostem odległości rozproszenie energii w coraz obszerniejszej przestrzeni.



Rys. 4.2. Rozproszenie energii w wolnej przestrzeni /na powierzchni  $M_1$  i  $M_2$  wydzieli się ta sama moc, jednak  $M_2$  jest znacznie większa od  $M_1$ . Oznacza to, że moc fali elektromagnetycznej w odległości  $r_1$  jest znacznie większa od mocy w odległości  $r_2$ /

Gęstość mocy przypadającej na jednostkę powierzchni kuli w odległości "r" wyniesie:

$$S = \frac{P_{/W/}}{4\pi r^2_{/m/}} ; \quad / \frac{W}{m^2} /$$

gdzie:

P - moc wypromieniowana przez antenę izotropową

$4\pi r^2$  - powierzchnia kuli w odległości "r".

Ponieważ gęstość mocy określa się również w zależności  $S = \frac{E^2}{120\pi}$

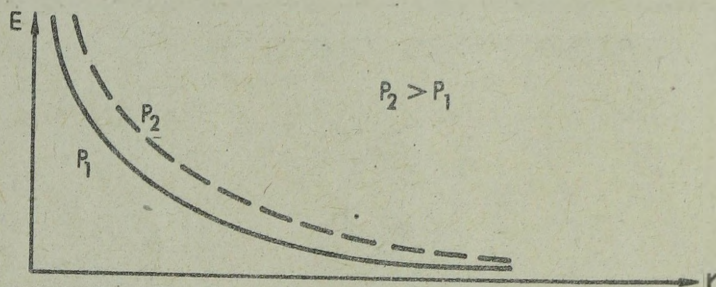
wobec tego możemy dokonać następującego przekształcenia:

$$\frac{E^2}{120\pi} = \frac{P}{4\pi r^2}$$

Z uzyskanego równania można określić natężenie pola elektrycznego w wolnej przestrzeni w dowolnej odległości od anteny izotropowej:

$$E / \frac{V}{m} / = \frac{\sqrt{30P_{/W/}}}{r_{/m/}} \quad \text{lub} \quad E / \frac{mV}{m} / = \frac{173 \sqrt{P_{/KW/}}}{r_{/km/}}$$

Natężenie pola elektrycznego w wolnej przestrzeni ubywa odwrotnie proporcjonalnie do wzrostu odległości od anteny izotropowej.



Rys.4.3. Wykres zmiany natężenia pola elektromagnetycznego w funkcji odległości i mocy

Przedstawione dla wolnej przestrzeni zasady propagacji fal radiowych pozwalają określić podstawowe parametry pola elektromagnetycznego.

W rzeczywistości fale radiowe rozprzestrzeniają się w środowisku znacznie różniącym się od wolnej przestrzeni, tj.:

- na styku dwóch różnych środowisk: atmosfery i ziemi. Należy przy tym wziąć pod uwagę kulisty kształt i niejednorodność ziemi /lądy, morza, gleby suche i wilgotne, bez pokrycia i porośnięte fauną, górzyste oraz nizinne/;

- poprzez troposferę<sup>24/</sup>, charakteryzującą się zmiennymi parametrami /ciśnienie, wilgotność i temperatura/;

- poprzez jonosferę<sup>25/</sup>, której stopień jonizacji zależy od nasłonecznienia ziemi. Nasłonecznienie jonosfery zmienia się w cyklach dobowych/ ze względu na obroty ziemi wokół swojej osi i w konsekwencji zmiany nasłonecznienia poszczególnych obszarów/, rocznych /ze względu na zmianę odległości pomiędzy słońcem i ziemię w czasie przemieszczania się ziemi po orbicie okołosłonecznej, a także zmiany kąta nachylenia ziemi w stosunku do słońca /i 11-letniej aktywności słonecznej/ zmiany liczby tzw. plam słonecznych/.

Oddziaływanie rzeczywistego środowiska na propagację fal radiowych jest przyczyną wzrostu tłumienia natężenia pola elektromagnetycznego, a ponadto determinuje ono sposoby propagacji fal.

24/ Najniższa warstwa atmosfery, sięgająca do wysokości około 15 km.

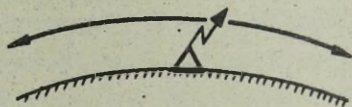
25/ Najwyższa warstwa atmosfery, zalegająca na wysokości od 60 do 600 km.

W wojskowych systemach łączności wojsk lądowych wykorzystywane są następujące rodzaje propagacji fal radiowych:

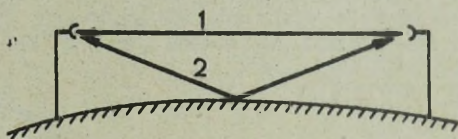
- fale przyziemne, wykorzystywane w łączności krótkofalowej i ultra-krótkofalowej, które w zależności od wysokości zawieszenia anten mogą rozprzestrzeniać się bezpośrednio nad powierzchnią ziemi - tzw. fale powierzchniowe, oraz w pewnej odległości od ziemi - tzw. fale przestrzenne. Obok tych dwóch podstawowych rodzajów fal przyziemnych można wyodrębnić pośredni rodzaj - fale przyziemną typu ogólnego;

- fale jonosferyczne, które są wykorzystywane przede wszystkim w łączności krótkofalowej. Wypromieniowana przez antenę nadawczą fala elektromagnetyczna rozprzestrzenia się pionowo lub pod określonym kątem w kierunku do jonosfery, w niej załamuje się /zjawisko refrakcji/ i wraca z powrotem na ziemię /do anteny odbiorczej/, umożliwiając zapewnienie łączności pomiędzy obiektami naziemnymi. Oprócz propagacji fal jonosferycznych przez refrakcję rozróżnia się jeszcze propagację jonosferyczną przez rozproszenie w zakresie fal metrowych /radiostacja R-121 stosowana w wojskach OPK o zasięgu około 250 km/;

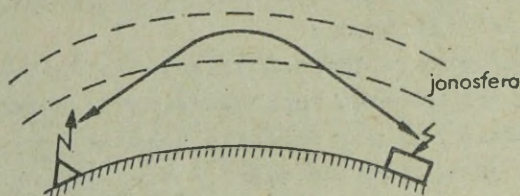
- fale troposferyczne, które są wykorzystywane w łączności ultra-krótkofalowej /np. R-137/. Fale docierają do punktu odbioru za pośrednictwem troposfery w wyniku rozproszenia /lub superrefrakcji/.



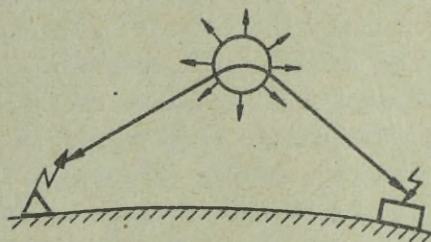
a/ fala powierzchniowa



b/ fala przestrzenna /1 - fala bezpośrednia, 2 - fale odbita od ziemi



c/ fala jonosferyczna



d/ fala troposferyczna /propagacja przez rozproszenie w troposferze/

Rys.4.4. Rodzaje propagacji fal radiowych stosowane w wojskach lądowych

#### 4.2.1. Fala powierzchniowa

Fala powierzchniowa występuje wówczas, gdy wysokość zawieszenia anten  $h_{ant}$  jest mniejsza od długości fali roboczej  $\lambda$ , tzn. gdy występuje nierówność:  $h_{ant} \ll \lambda$  26/.

26/ Podaną nierówność w sposób bardziej precyzyjny określa się jako:

$$h_n - h_o \ll h_m^2$$

gdzie:  $h_n$  - wysokość zawieszenia anteny nadawczej;  
 $h_o$  - wysokość zawieszenia anteny odbiorczej;  
 $h_m$  - wzniesienie pozorne anteny zależne od długości fali i parametrów gruntu, określane ze wzoru /dla polaryzacji pionowej anteny/:

$$h_m = \frac{\lambda}{2\pi} \sqrt{(\epsilon + 1)^2 + (60\delta\lambda)^2}$$

$\lambda$  - długość fali /w m/;

$\epsilon$  - względna przenikalność dielektryczna /dla gruntów wilgotnych -  $\epsilon=14$ /;

$\delta$  - przewodność elektryczna właściwa - względnie konduktywność /dla gruntów wilgotnych  $\delta=10^{-2}$ /.

Przy podanych parametrach gruntu wzniesienie pozorne anteny dla  $\lambda = 10$  m wynosi:

$$h_m = \frac{10}{2 \cdot 3,14} \sqrt{14 + 1^2 + 60 \cdot 10^{-2} \cdot 10^2} = 7 \text{ m}$$

c.d. odnośnika na str. 159

Zasięg łączności radiowej organizowanej za pomocą fal powierzchniowych jest ograniczony dwoma czynnikami:

- pochłanianiem energii fali przez ziemię /prądy ciepłe/;
- kulistością ziemi.

Pole elektromagnetyczne fali powierzchniowej rozprzestrzenia się zarówno w troposferze nad ziemią, jak i pod jej powierzchnią /na nieznacznych głębokościach/. Ponieważ ziemia jest półprzewodnikiem, pole elektromagnetyczne powoduje powstawanie w niej prądów, wydzielających na oporności rzeczywistej ziemi pewną ilość mocy, która jest pobierana z fali powierzchniowej. Ubytek mocy fali powierzchniowej na prądy ciepłe w ziemi powoduje jej tłumienie /nie występowało ono w wolnej przestrzeni/. Uwzględniając, że wzory na obliczenie natężenia pola elektrycznego fali powierzchniowej są wysoce złożone, można w dużym przybliżeniu określić, że natężenie pola elektrycznego fali powierzchniowej zmniejsza się odwrotnie proporcjonalnie do kwadratu odległości, tj.:

$$E = A \frac{\sqrt{P_{/kW/} \cdot G}}{r^2_{/km/}}$$

gdzie:

- A - współczynnik uwzględniający faktyczną tłumienność trasy;
- G - zysk anteny nadawczej.

Uwzględniając kulisty kształt ziemi, dodać należy, iż tłumienie pola fali powierzchniowej dodatkowo wzrasta poza horyzontem radiowym. Horyzont radiowy jest znacznie większy od geometrycznego dzięki właściwościom dyfrakcyjnym fal radiowych /właściwości fal pokonywania nierówności terenowych i kulistości ziemi/. Właściwości dyfrakcyjne fal radiowych są większe na niższych częstotliwościach i mniejsze na wyższych częstotliwościach.

Ziemię jako płaską można traktować na trasach o długościach:

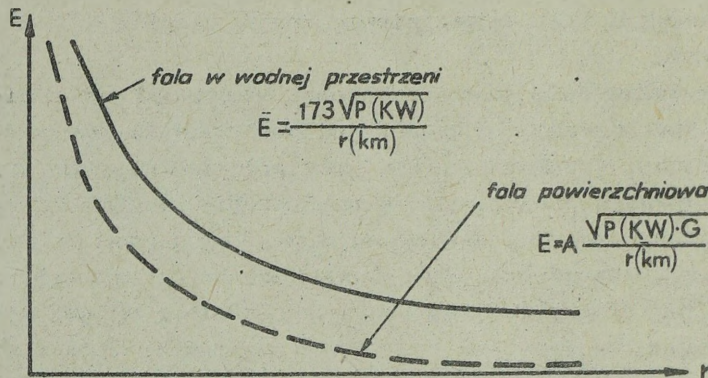
$$d_{/km/} = \frac{80}{\sqrt[3]{f_{/MHz/}}}$$

-----  
c.d. odnośnika ze str. 158

Przy zawieszeniu anten na wysokościach 2 m / $h_n = h_o = 2$  m/ nierówność  $H_n \cdot h_o \ll h_m^2$  przyjmie w cyfrach absolutnych wartość:

$$4 \ll 49.$$

/f = 1 MHz/ do 5 m /f = 60 MHz/, natomiast więkzość anten jest zawieszona na wysokości ok. 2 m/np. anteny prętowe radiostacji R-107 przenoszonej przez żołnierza, R-123 zamontowanej w czołgu lub w bojowym wozie piechoty, R-118 samochodowej itp./. Oznacza to, że w wojskach szeroko stosowana jest łączność na falach powierzchniowych.



Rys.4.5. Zmiana natężenia pola elektrycznego fali w wolnej przestrzeni i powierzchniowej w rzeczywistym środowisku

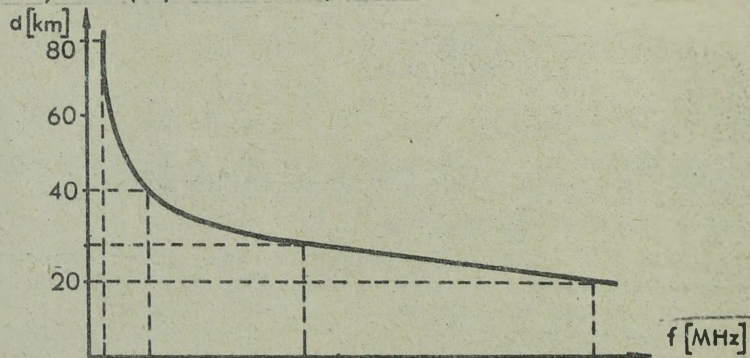
Tabela 4.1.

Wielkość horyzontu radiowego w funkcji częstotliwości

/MHz/	1	8	27	64
/m/	300	37,5	ok. 11,11	ok. 4,7
d /km/	80	40	26,6	20

Horyzont geometryczny przy wysokościach zawieszenia anten  $h_n = h_o = 2$  m wynosi  $d_{/km/} = 3,57 \sqrt{h_n} \sqrt{h_o} = 8,9$  km

Wielkość horyzontu radiowego /który określa odległość na jaką można traktować ziemię jako powierzchnię płaską/, w funkcji częstotliwości przedstawia wykres /rysunek 4.6./.



Rys.4.6. Długość horyzontu radiowego w funkcji częstotliwości

Ze względu na znaczne tłumienie natężenia pola fali powierzchniowej, zwłaszcza poza horyzontem radiowym, zasięg łączności radiowej przy wykorzystaniu omawianego sposobu propagacji jest relatywnie nieduży i może wynosić:

- w zakresie fal krótkich do 80 km /np. zasięg radiostacji R-118 BMZ na postoju wynosi 60-100 km, a w ruchu do 30 km/;

- w zakresie fal ultrakrótkich do około 30 km /np. zasięg radiostacji R-123 z anteną prętową wynosi 20 km/.

Należy podkreślić, że podane wyżej zasięgi uzyskiwane są na najniższych częstotliwościach radiostacji. Na przykład w odniesieniu do radiostacji R-118 BMZ zaleca się do pracy falą powierzchniową wykorzystanie pasma 1 - 3 MHz.

#### 4.2.2. Fala przestrzenna

Fala przestrzenna występuje wówczas, gdy wysokość zawieszenia anten jest znacznie większa od długości wykorzystywanych fal  $/h_{ant} \gg \lambda/$  oraz gdy odległość między utrzymującymi łączność środkami wynosi około:

$$d_{/km/} = 4 \sqrt{h_{n/m/} + h_{o/m/}}$$

W wzorze  $h_n$  i  $h_o$  są to wysokości zawieszenia anteny nadawczej oraz odbiorczej. Ten typ fali stosowany jest przede wszystkim w łączności radioliniowej.

Na przykład w wypadku wykorzystania stacji radioliniowej R-405Z w zakresie metrowym wysokość zawieszenia anten wynosi 14,5 m, a maksymalna długość fali może wynosić 5 m. Kryterium oceny propagacji przestrzennej określa się precyzyjnie ze wzoru:

$$h_r \cdot h_o \gg h_m^2 \quad /27/$$

#### 4.2.3. Fala typu ogólnego

Fala typu ogólnego jest rodzajem fali przyziemnej, posiadającej określone właściwości fali powierzchniowej oraz przestrzennej. Właściwości fali typu ogólnego można oszacować według następujących cech:

27/ Obliczenie kryterium  $h_n \cdot h_o \gg h_m^2$  w odniesieniu do łączności radioliniowej zorganizowanej za pomocą stacji R-405Z w zakresie metrowym:

$$h_n \cdot h_o = 14,5^2 \approx 210$$

$$h_m \approx \frac{\lambda}{2\pi} = \frac{4 \sqrt{/\epsilon + 1/2 + /60\lambda G /2}}{2\pi} = \frac{5}{2\pi} \sqrt{/14+1/2/60.5.10^{-2}/2}$$

$$h_m^2 \approx 10$$

W cyfrach absolutnych obliczona nierówność wynosi:

$$210 \gg 10$$

- kryterium rozróżnienia;
- zależności parametrów propagacji od parametrów elektrycznych gruntu;
- zależności parametrów propagacji od rzeczywistych wysokości zawieszenia anten;
- wartości natężenia pola elektrycznego.

Tabela 4.2.

Cechy podstawowe	Rodzaje propagacji przyziemnej		
	powierzchniowa	typu ogólnego	przestrzenna
Kryterium rozróżnienia	$h_n \cdot h_o \ll h_m^2$	$h_n \cdot h_o \approx h_m^2$	$h_n \cdot h_o \gg h_m^2$
Przybliżone kryterium rozróżnienia	$h_{ant} \ll \lambda$	$h_{ant} \approx \lambda$	$h_{ant} \gg \lambda$
Zależność parametrów propagacji od parametrów elektrycznych gruntu	istnieje	istnieje	nie istnieje
Zależność parametrów propagacji od wysokości zawieszenia anten	nie istnieje	istnieje	istnieje
Wartość natężenia pola elektrycznego $E / \frac{V}{m}$	$69 \sqrt{P_{NGN}} \frac{h_m^2}{\lambda d^2}$	$69 \sqrt{P_{NGN}} \frac{h_1 \cdot h_2}{\lambda d^2}$	$69 \sqrt{P_{NGN}} \frac{h_n \cdot h_o}{\lambda d^2}$
Odległość/km/ wyznaczająca granicę stosowalności wzorów na natężenie pola elektrycznego	$10 \sqrt[3]{\lambda}$	$4/\sqrt{h_1} \sqrt[3]{h_2}$	$4/\sqrt{h_n + h_o}$
	poza wyznaczoną odległością tłumienie pola znacznie wzrasta		

Legenda do tabeli 4.2:

- $h_n$  i  $h_o$  - wysokość zawieszenia anten nadawczej i odbiorczej /m/;
- $h_m$  - wzniesienie pozorne anteny /m/
- /sposób obliczenia  $h_m$  został podany wcześniej/;
- $\lambda$  - długość fali /m/;
- $h_{ant}$  - wysokość zawieszenia anten nadawczej i odbiorczej /m/;
- $h_1 = \sqrt{h_n^2 + h_m^2}$  - wzniesienie skorygowane anteny nadawczej /m/;
- $h_2 = \sqrt{h_o^2 + h_m^2}$  - wzniesienie skorygowane anteny odbiorczej /m/;
- $d$  - odległość między antenami, tj. długość trasy łączności /km/;

- $G_N$  - zysk energetyczny anteny nadawczej;  
 $P_N$  - moc przekazana z nadajnika do anteny nadawczej /W/.

Fale typu ogólnego są coraz powszechniej wykorzystywane w radiowej łączności ultrakrótkofalowej. Ich zastosowanie stało się możliwe w wyniku wprowadzenia masztów antenowych o wysokości około 10 m, np. w wozie dowodzenia R-3Z - do pracy na postoju za pomocą R-111, w radiostacji R-137 - do zawieszenia anteny objętościowej. Dzięki podniesieniu anten i wykorzystaniu fal typu ogólnego zasięg radiowej łączności ultrakrótkofalowej na postoju wzrósł 2-3-krotnie.

#### 4.2.4. Fala jonosferyczna

Fale wypromieniowane przez anteny pionowego promieniowania /np. typu APP, dipol symetryczny, typu V, rombów itp./ w kierunku do jonosfery załamują się w niej i wracają na ziemię, umożliwiając zapewnienie łączności między radiostacjami naziemnymi. Do pracy za pomocą fal jonosferycznych należy wyznaczyć częstotliwości ze ściśle ograniczonego zakresu, limitowanego "od dołu" najniższą częstotliwością użytkową zwaną LUF<sup>28/</sup> oraz "z góry" maksymalną częstotliwością pracy zwaną MUF<sup>29/</sup>.

Tłumienie pola fali jonosferycznej, zwane także absorpcją, w odróżnieniu od tłumienia pola fali przyziemnej /tj. powierzchniowej, typu ogólnego i przestrzennej/ jest tym większe, im niższa częstotliwość /dłuższa fala/ jest wykorzystywana do zapewnienia łączności. Oznacza to, że kryterium ograniczenia od dołu wykorzystywanego do pracy za pomocą fali jonosferycznej zakresu częstotliwości jest wzrastające tłumienie /absorpcja/ pola fali w miarę obniżania częstotliwości pracy /zwiększania długości fali roboczej/.

Najniższą częstotliwością użytkową /LUF/ jest taka częstotliwość pracy za pomocą fali jonosferycznej, dla której natężenie sygnału na wejściu odbiornika będzie co najmniej równe jego czułości. W zależności od mocy nadajnika najniższe częstotliwości użytkowe będą różne, tj. tym niższe, im większymi mocami dysponują radiostacje<sup>30/</sup>.

$$LUF_{R-140} < LUF_{R-118} < LUF_{R-130}$$

Również dla różnych emisji najniższe częstotliwości użytkowe będą się różnić /np. w odniesieniu do emisji radiostacji R-140/:

$$LUF_{A1} < LUF_{A3J} < LUF_{A3H}$$

28/ LUF - skrót nazwy angielskiej LOWEST USABLE FREQUENCY.

29/ MUF - skrót nazwy angielskiej MAXIMUM USABLE FREQUENCY.

30/ Przy założeniu, że czułości odbiorników i wymagane stosunki sygnału do szumu są zbliżone lub identyczne.

Czynnikiem ograniczającym "z góry" zakres częstotliwości wykorzystywany do pracy falą jonosferyczną jest inne zjawisko. Od jonosfery odbijają się fale o określonych tylko częstotliwościach, natomiast o wyższych częstotliwościach przenikają jonosferę i za ich pomocą nie można zapewnić łączności między obiektami naziemnymi.

Maksymalną częstotliwością pracy /MUF/ jest taka częstotliwość krytyczna do pracy falą jonosferyczną, przy zastosowaniu której nastąpi jeszcze załamanie fali w jonosferze i jej powrót na ziemię do określonego punktu. W zależności od długości trasy różnić się będą maksymalne częstotliwości pracy /MUF/, a mianowicie:

$$MUF_{d=100 \text{ km}} < MUF_{d=500 \text{ km}} < MUF_{d=2000 \text{ km}}$$

Wartości najniższych częstotliwości użytkowych /LUF/ i maksymalnych częstotliwości pracy /MUF/ nie są stałe i zmieniają się w zależności od długości tras radiowych i od stopnia jonizacji jonosfery /tj. występującej w jonosferze gęstości elektronowej<sup>31/</sup> w danym momencie czasu i punkcie odbicia fal. W jonosferze występują trzy obszary jonosferyczne: D<sup>32/</sup>, E i F. Na rozprzestrzenienie się fal krótkich wpływają przede wszystkim obszary E i F.

Obszar E obejmuje warstwę E występującą stale na wysokości ponad 100 km oraz warstwę sporadyczną E<sub>s</sub>, utrzymującą się zazwyczaj kilka godzin nad warstwą E<sup>33/</sup>.

Obszar F obejmuje dwie warstwy: F<sub>1</sub> - pojawiającą się na ogół w lecie i tylko w dzień na wysokości około 160 km i F<sub>2</sub> - utrzymującą się stale na wysokościach w dzień 210 - 260 km i w nocy około 320 km. Decydujący wpływ na propagację fal krótkich wywiera warstwa F<sub>2</sub> i na niższych częstotliwościach w dzień warstwy E i E<sub>s</sub>, natomiast warstwa F<sub>1</sub> odgrywa drugoplanową rolę.

Zmienność gęstości elektronowej warstw podstawowych jest następująca:

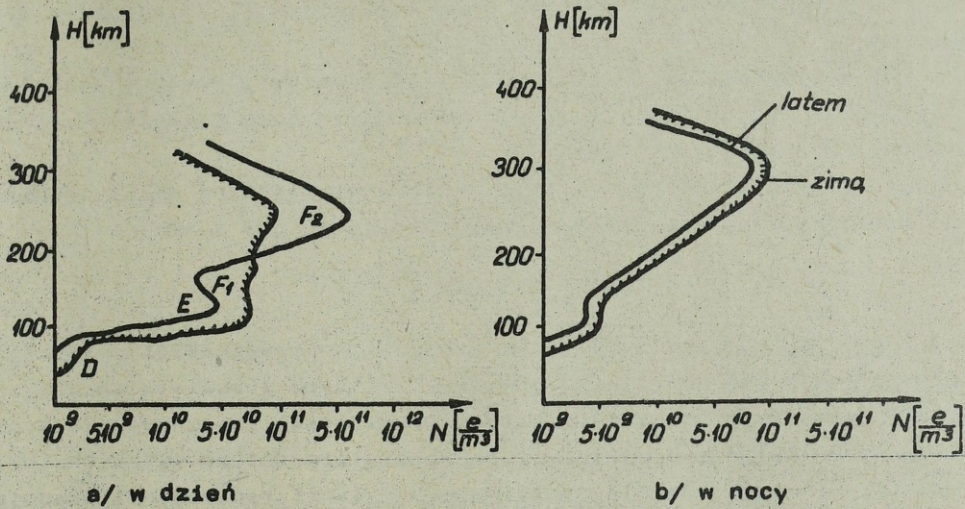
- warstwa E posiada wyższą gęstość elektronową w dzień i w lecie oraz niższą w nocy i w zimie; warstwa E charakteryzuje się dużą regularnością gęstości elektronowej i nie ulega dużym fluktuacjom;

- warstwa F<sub>2</sub> posiada najwyższą gęstość elektronową w dzień zimowy oraz najniższą w nocy zimowej; warstwa F<sub>2</sub> ulega znacznym fluktuacjom.

31/ Ilość elektronów w jednostce objętości /-  $\frac{e}{3}$  /.

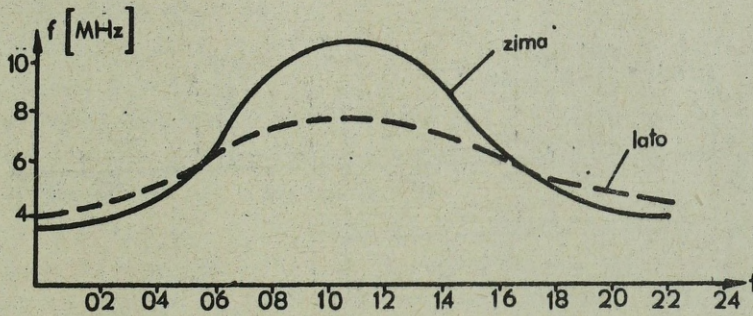
32/ Obszar zjonizowany D występuje tylko w dzień<sup>10</sup> na wysokości około 80 km. Wpływa na rozprzestrzenianie się fal długich i średnich.

33/ Może pojawić się również warstwa E<sub>2</sub>.



Rys.4.7. Rozkład gęstości elektronowej zimą i latem

Maksymalne częstotliwości pracy /MUF/ będą zmieniać się w ciągu doby stosownie do występującej gęstości elektronowej jonosfery /rysunek 4.8./.



Rys.4.8. Wartości MUF latem i zimą dla trasy łączności o długości 200 km w ciągu doby

Ponieważ maksymalne częstotliwości pracy nie gwarantują stabilnej łączności /gęstość jonizacji ulega fluktuacjom/, stosuje się jako optymalną częstotliwość pracy /FOT<sup>34</sup>/ nieco niższą od MUF:

- FOT = 0,85 MUF przy odbiciu fali od warstwy F<sub>2</sub> /ulegającej dużym wahaniom/;

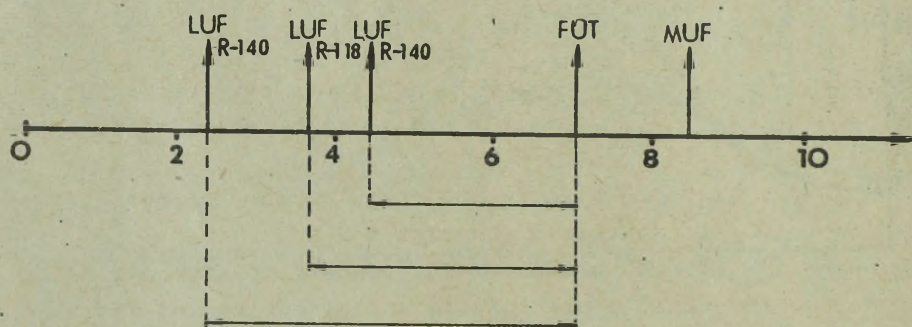
- FOT = 0,97 MUF przy odbiciu fali od warstwy E /wysocy stabilnej/.

Optymalne częstotliwości pracy /FOT/ gwarantują najwyższe prawdopodobieństwo łączności, ok. 90%.

Częstotliwości robocze do pracy falą jonosferyczną należy wybierać w przedziałach zakresu częstotliwości pomiędzy LUF i FOT:

$$LUF \ll \text{robocza} \ll FOT$$

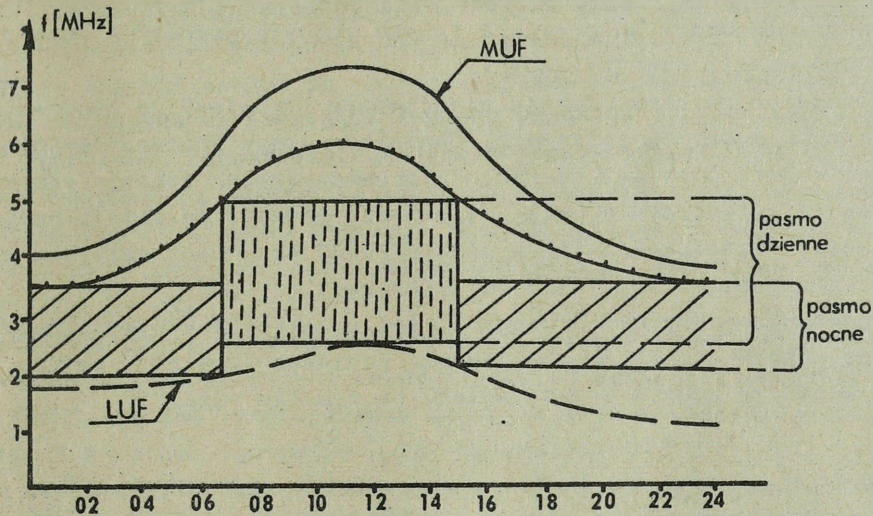
Należy przy tym podkreślić, że maksymalne prawdopodobieństwo łączności uzyskuje się na częstotliwościach równych lub bliskich FOT, natomiast ze względu na wyższą absorpcję pola fali znacznie niższe prawdopodobieństwo łączności występuje na częstotliwościach bliskich LUF. Stąd nasuwa się wniosek, że dla podstawowych relacji radiowych i pracujących za pomocą radiostacji małej mocy należy częstotliwości robocze wyznaczać w pobliżu FOT, natomiast dla drugoplanowych i większej mocy - bardziej odległe od FOT. Biorąc pod uwagę, że za pomocą fal jonosferycznych na szczeblu armii organizuje się łączność radiową przy wykorzystaniu radiostacji o różnych mocach, częstotliwości robocze należy planować z uwzględnieniem różnych wartości LUF dla poszczególnych typów radiostacji /rys. 4.9./.



Rys.4.9. Przedziały częstotliwości roboczych dla radiostacji różnych mocy

34/ FOT - skrót nazwy francuskiej FREQUENCE OPTIMUM de TRAFFIC

W armii stosuje się łączności radiowe za pomocą fali jonosferycznej na trasach nie przekraczających odległości 200 km. Dla trasy o podanej długości zmiany LUF, FOT i MUF w ciągu doby ilustruje rysunek 4.10.



Rys.4.10. Dobowe zmiany częstotliwości roboczych /zakreskowane obszary wyznaczające odpowiednio dzienne i nocne częstotliwości do pracy falą jonosferyczną/

Szerokość pasm częstotliwości w dzień i w nocy jest stosunkowo niewielka. Dla tras łączności nie przewyższających odległości 200 km mogą one wahać się w granicach:

- w dzień od 2 do 3 MHz;
- w nocy od 1,5 do 2,5 MHz.

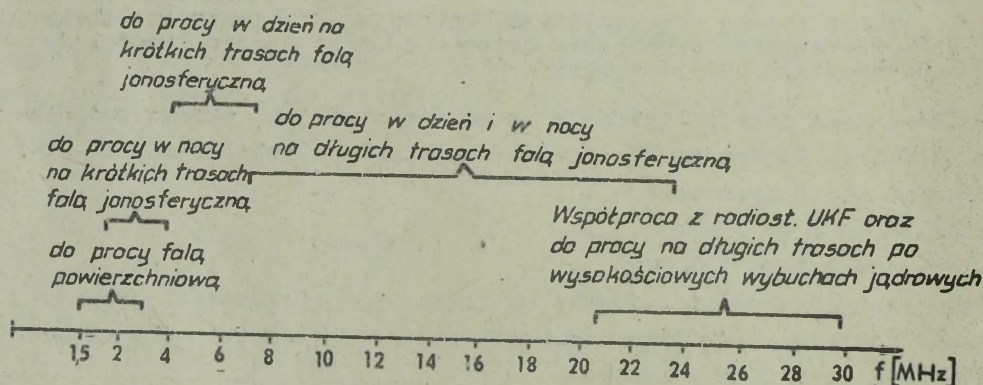
Ujemną cechą łączności radiowej na falach jonosferycznych jest występowanie zaników w odbiorze. Na krótkich trasach zaniki odbioru powstają przede wszystkim w wyniku:

- interferencji fal docierających do punktu odbioru różnymi trasami /np. nakładanie się fal odbitych w obszarze E i F/;
- zmian natężenia sygnału z powodu niezgodności polaryzacji fali jonosferycznej /eliptyczna/ z polaryzacją anteny odbiorczej /pozioma/, a także niestałości absorpcji fali w jonosferze /np. z tytułu wzrostu absorpcji fali jonosferycznej w obszarze E/;
- chwilowych zmian gęstości elektronowej jonosfery i w konsekwencji właściwości załamывania się fal /np. fale mogą nie powracać na ziemię/.

Biorąc pod uwagę niskie prawdopodobieństwo łączności na falach jonosferycznych oraz fakt, że długości tras radiowych ulegają na szczeblu armii stałym wahaniom, przy ich zmniejszeniu się poniżej odległości 50-60 km należy przechodzić do pracy falą powierzchniową /zmieniając anteny pionowego promieniowania na anteny do pracy falą przyziemną/. Do pracy falą powierzchniową mogą być wykorzystywane częstotliwości robocze przeznaczone do pracy na falach jonosferycznych w nocy /tj. stosunkowo niskie częstotliwości/.

Zasadniczym zmianom ulegają właściwości jonosfery po wykonaniu wysokościowych wybuchów jądrowych. Jonosfera ulega znacznej deformacji, w wyniku której łączność na falach jonosferycznych zostaje przerwana na okres od kilkunastu do kilkudziesięciu godzin. Wzrastają natomiast właściwości rozproszenia fal w paśmie 20-30 MHz, umożliwiające zapewnienie łączności na znacznych odległościach.

Przedstawione warunki propagacji fal w zakresie krótkofalowym umożliwiają wykorzystanie częstotliwości radiowych /na przykładzie radiostacji R-140/ w sposób przedstawiony na rysunku 4.11.



Rys.4.11. Wykorzystanie zakresu częstotliwości radiostacji R-140

- 
- 35/ Fala radiowa ulega rozproszeniu na drobnych nieregularnościach jonosfery. Stwarza to warunki uzyskania łączności na częstotliwościach znacznie przewyższających "MUF" /"klasyczny MUF"/ i tę rzeczywistą częstotliwość maksymalną nazwano "operacyjny MUF". Jednym z ważniejszych parametrów długich radiotras są więc: "klasyczny MUF" i "FOT" i "operacyjny MUF".

Przydział częstotliwości roboczych do pracy falą jonosferyczną jest problemem złożonym. W wypadku planowania łączności na odległy termin należy posługiwać się prognozami radiowymi. W toku eksploatacji łączności radiowej fale robocze należy ustalać na podstawie pomiarów jonosfery i obliczeń MUF, FOT i LUF wykonywanych przez aparatownie kontroli częstotliwości /AKCz/, rozwijanych w ramach armijnych węzłów łączności.

Przydziału fal dla armijnych relacji radiowych z wyprzedzeniem rocznym można dokonywać na podstawie prognoz rocznych publikowanych przez "Instytut Magnetyzmu Ziemskiego, Jonosfery i Rozchodzenia się Fal ZSRR" - IZMIRAN. Wymienione prognozy są zalecone do wykorzystania w ramach Zjednoczonych Sił Zbrojnych. Instytut IZMIRAN opracowuje również miesięczne prognozy. Obie prognozy radiowe publikowane przez IZMIRAN obejmują całą kulę ziemską<sup>36/</sup>.

W Wojsku Polskim są stosowane również "Miesięczne Prognozy Radiowe dla Rejonu Polski" opracowywane przez "Instytut Geofizyki Polskiej Akademii Nauk". Są one rozprawdane do wojsk wraz z instrukcją posługiwania się nimi przez Szefostwo Wojsk łączności MON.

Pomimo złożoności problemu doboru częstotliwości do pracy środków radiowych za pomocą fali jonosferycznej oraz występowania zaników fali jonosferycznej /stosunkowo małe prawdopodobieństwo ciągłości łączności - współczynnik niezawodności w różnych warunkach może wahać się w granicach od 0,3 do 0,6, a stopa błędów dla transmisji telegraficznych może wynosić  $10^{-1}$  -  $10^{-2}$ , tj. 1 błąd na 10 - 100 znaków/, krótkofalowa łączność radiowa organizowana na falach jonosferycznych jest szeregowo stosowana w polowych systemach łączności. Powszechność jej wykorzystania podyktowana jest możliwością zapewnienia łączności na znaczne odległości przy relatywnie nieznacznych mocach nadajników i małych gabarytach urządzeń antenowych. Na postojach przy wykorzystaniu odpowiednich anten /np. typu V, symetryczny wibrator, rombowa/ i odpowiednim wyborze częstotliwości roboczych /w pobliżu FOT/ można uzyskać następujące zasięgi za pomocą różnych typów radiostacji krótkofalowych:

Tabela 4.3.

Typ radiostacji	Zasięg łączności /w km/	
	fonem	telegrafem
R-130	200-300	350
R-118		800
R-102		1000
R-140	1000-1500	2000
R-110	2000	3000

36/ Sposoby posługiwania się prognozami radiowymi opracowanymi przez IZMIRAN opisane są w: W. Lisiecki: Propagacja fal radiowych, Wydawnictwo Komunikacji i łączności, 1962, rozdz. 8.4.

Atrakcyjność krótkofalowej łączności radiowej na falach jonosferycznych wzrosła w ostatnich latach z powodu wdrożenia anten pionowego promieniowania /APP/ przeznaczonych do pracy w ruchu na znaczne odległości. Dzięki temu udoskonaleniu został rozwiązany problem zapewnienia łączności na wymagane odległości w ruchu. O ile za pomocą radiostacji starszej generacji można było zapewnić w ruchu łączność na odległość do 30 km /R-118 BMZ na antenie prętowej/, o tyle radiostacje R-130, R-140 i zmodernizowana radiostacja R-118 K przy wykorzystaniu anten "APP" i fal jonosferycznych zapewniają łączność w ruchu na odległości:

Tabela 4.4.

Typ radiostacji	Zasięg łączności w ruchu /km/
R-130	do 100 ÷ 200
R-118K	do 100 ÷ 200
R-140	do 200 ÷ 300

Nową cechą współczesnych radiostacji jest również zwiększenie ich sprawności w zakresie przełączania częstotliwości pracy. Zastosowanie na przykład w radiostacji R-140 układów umożliwiających zawczasu przygotowanie 10 częstotliwości pracy /układy ZPCz/ i przełączanie ich w ciągu około 30 sekund zapewnia większą efektywność łączności radiowej na falach jonosferycznych, ponieważ umożliwia szybkie przestrajanie radiostacji na fale robocze bliskie FOT o najniższej absorpcji oraz skali zaników itp.

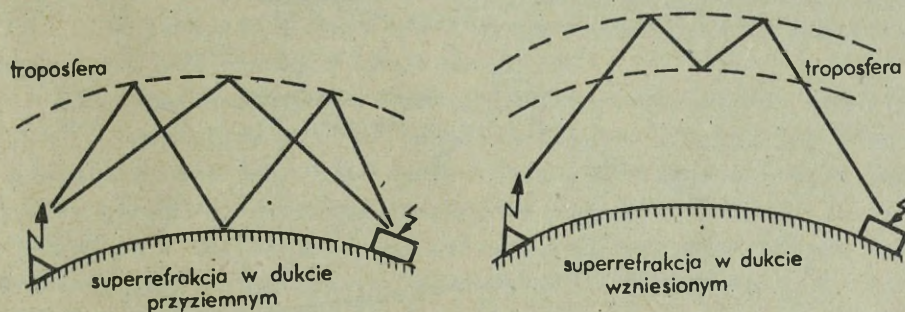
#### 4.2.5. Fala troposferyczna

Na falach ultrakrótkich można uzyskać łączność na odległościach przekraczających horyzont radiowy  $d_{/km/} = \frac{80}{\sqrt{f_{/MHz/}}}$  / .

Pozahoryzontowa propagacja troposferyczna może odbywać się przez superrefrakcję oraz rozproszenie troposferyczne.

Współczynnik refrakcji /załamania się/ fal w troposferze zależy od rozkładu temperatury, ciśnienia i wilgotności powietrza w funkcji wysokości.

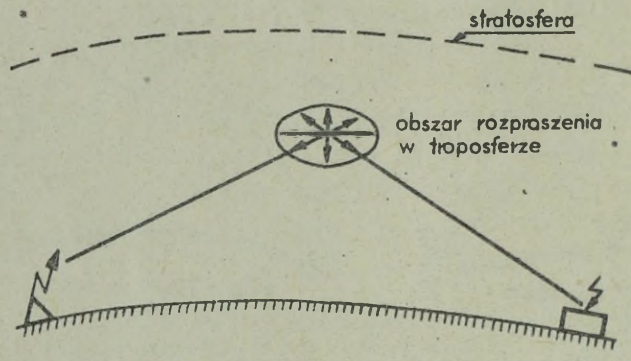
Superrefrakcja polega na wielokrotnym załamaniu się fali w ramach oporadycznie powstających w troposferze duktów przyziemnych i wzniesionych /rysunek 4.12./.



Rys.4.12. Model propagacji pozahoryzontalnych fal ultrakrótkich w wyniku superrefrakcji

Drugim, a zarazem podstawowym rodzajem pozahoryzontalnej propagacji fal ultrakrótkich jest wykorzystanie fali rozproszonej w troposferze. Zjawisko stałego rozproszenia fali występuje w wyniku fluktuacji współczynnika refrakcji /załamania/ fali w poszczególnych obszarach troposfery /zwanymi obszarami rozproszenia, w których występuje zjawisko zmian ciśnienia, temperatury i wilgotności powietrza/. Dzięki zjawisku rozproszenia fali w obszarach rozproszenia, występujących w troposferze na różnych wysokościach /do 15 km nad powierzchnią ziemi/, można zapewnić łączność na znaczne odległości przy wykorzystaniu środków o dużych mocach i zyskach urządzeń antenowych. Duża moc wypromieniowana przez nadajnik i zysk anten nadawczych i odbiorczych są niezbędne, aby nieznaczny procent energii elektromagnetycznej rozproszonej w kierunku do odbiornika zapewnił na jego wejściu pożądany poziom sygnału.

Łączność za pomocą fal rozproszonych w troposferze jest perspektywnym sposobem organizacji łączności. W polowych systemach łączności omówiony sposób propagacji fal jest wykorzystywany przede wszystkim do zapewnienia pozahoryzontalnej łączności radioliniowej za pomocą troposferycznych stacji radioliniowych, których wdrożenie do wojsk ma nastąpić w najbliższych latach. Zasięg łączności pomiędzy dwoma troposferycznymi stacjami radioliniowymi /zwanymi także pozahoryzontalnymi/ w zależności od mocy nadajników i zysków anten może wynosić od 120 do 200 km, a w układzie kilku stacji /końcowe i retranslacyjne/ do 600 - 1000 km.



Rys. 4.13. Model propagacji troposferycznej fali rozproszonej

Aktualnie w Wojsku Polskim fale troposferyczne są wykorzystywane do zapewnienia łączności radiowej za pomocą radiostacji R-137, które umożliwiają uzyskanie zasięgów:

- na postoju do 150 km;
- w ruchu do 70 km.

Wojskowy Instytut łączności przeprowadził badania zasięgów łączności radiostacji R-137 z wykorzystaniem anten o dużych zyskach /anten radiostacji R-121, stosowanych w wojskach OPK/.

Przy wykorzystaniu wymienionych anten i radiostacji R-137 uzyskano zasięgi łączności do 500 km, przy czym rozproszenie fal następowało w niejednorodnej jonosferze.

Przy wykorzystaniu obszarów rozproszenia w troposferze /stosunkowo nisko usytuowanych nad powierzchnią ziemi/ można uzyskać bezpośredniej łączności do 200 km, natomiast w wypadku wykorzystania rozproszenia jonosferycznego /obszar rozproszenia usytuowany jest znacznie wyżej nad powierzchnią ziemi/ zasięgi łączności są większe i mogą osiągnąć trasy o długości do 2000 km.

#### 4.3. Zasady wyznaczania częstotliwości radiowych z punktu widzenia zapewnienia kompatybilności elektromagnetycznej

##### 4.3.1. Wstęp

Rozwój i stosowanie wszelkiego rodzaju cywilnych oraz wojskowych urządzeń radioelektronicznych, emitujących energię elektromagnetyczną, stworzyły bardzo złożony problem unikania wzajemnych zakłóceń. Zagadnienia te wchodzą w zakres gospodarki częstotliwościami radiowymi.

W skali światowej gospodarkę częstotliwościami radiowymi w odniesieniu do cywilnych służb prowadzi Międzynarodowy Związek Telekomunikacyjny, zwany w skrócie UIT<sup>37/</sup>, poprzez swoje organy specjalistyczne:

a/ ~~Międzynarodową Izbę Rejestracji Częstotliwości~~, zwaną w skrócie IFRB<sup>38/</sup>, zajmującą się bezpośrednio wyznaczaniem pasm i częstotliwości dla poszczególnych rodzajów służb cywilnych;

b/ Międzynarodowy Doradczy Komitet Radiokomunikacyjny, zwany w skrócie CCIR<sup>39/</sup>, zajmujący się opracowaniem zaleceń z dziedziny propagacji fal, badaniami zakłóceń i ustaleniem norm w tym zakresie oraz normalizacją parametrów technicznych urządzeń radiowych;

c/ Światowa i Regionalne /np. europejskie/ Administracyjne Konferencje Radiowe, ustalające zalecenia w zakresie najważniejszych zagadnień związanych z wykorzystaniem środków emitujących energię elektromagnetyczną w paśmie częstotliwości radiowych.

Realizacja postanowień i zaleceń podjętych w ramach działalności UIT, IFRB, CCIR oraz Administracyjnych Konferencji Radiowych zależy od dobrej woli poszczególnych państw, ponieważ nie istnieje czynnik nadrzędny zdolny wymusić podporządkowanie się przyjętym ustaleniom. Jednak w większości wypadków obserwuje się tendencję przestrzegania przyjętych uzgodnień przez poszczególne państwa, co umożliwia optymalizację wykorzystania częstotliwości radiowych w skali świata.

Uzgodnienia dotyczące wykorzystania częstotliwości radiowych w skali państw socjalistycznych są dokonywane w ramach Organizacji Współpracy Łączności /OWŁ/<sup>40/</sup>.

Zgodnie z "Ustawą o łączności" Rady Państwa z dnia 31 stycznia 1961 r. w Polsce nadzór nad gospodarką falową sprawuje minister łączności. Jego organem doradczym jest "Rada do spraw Częstotliwości Radiowych", w skład której wchodzi przedstawiciele MON, prezentując w niej potrzeby Sił Zbrojnych PRL.

W ramach Zjednoczonych Sił Zbrojnych gospodarkę częstotliwościami radiowymi prowadzi specjalistyczny organ Sztabu Zjednoczonych Sił Zbrojnych.

W ramach Wojska Polskiego prowadzenie gospodarki częstotliwościami radiowymi szef Sztabu Generalnego WP powierzył szefowi Wojsk Łączności MON.

37/ Union International des Telecommunications.

38/ International Frequency Registration Board.

39/ Comite Consultatif International des Radiocommunications.

40/ Organizacja Sodziejstwa Swiazi /OSS/.

Szefostwa Wojsk Łączności frontu i armii prowadzą gospodarkę falową w zakresie wykorzystania przydzielonych przez szczebel nadrzędny częstotliwości radiowych przeznaczonych do organizacji łączności radiowej i radioliniowej. Nadzór nad wykorzystaniem częstotliwości radiowych w toku eksploatacji systemów łączności sprawują również w wyznaczonym zakresie osoby funkcyjne węzłów łączności /przede wszystkim zespołu środków radiowych/ oraz szefowie osi i kierunków radioliniowych.

Podstawowym zadaniem funkcyjnych łączności na szczeblu armii jest taki rozdział i wykorzystanie częstotliwości radiowych, aby uwzględnił:

- właściwości rozchodzenia się fal radiowych w rejonie działania armii;

- zapewnienie kompatybilności elektromagnetycznej wykorzystywanych środków łączności;

- ochronę łączności przed zakłóceniami celowymi nieprzyjaciela.

Spełnienie wymienionych wymagań jest wysoce złożonym zadaniem. W zakresie częstotliwości od 1 do 60 MHz może być wykorzystywanych - po obu stronach walczących wojsk frontu i grupy armii - około 15 tysięcy i więcej relacji radiowych. Jeżeli przyjąć, że w zależności od rodzaju emisji poszczególne relacje radiowe mogą zajmować pasmo o szerokości od 200 Hz /emisja  $A_1$ / do 10 kHz /emisja  $F_3$ /, tj. średnio pasmo o szerokości 6 kHz, to dla 15 tysięcy relacji radiowych jest niezbędny zakres częstotliwości o szerokości 90 MHz, czyli półtora razy szerszy od eksploatowanego. Należy przy tym podkreślić, że przedstawione wyliczenia nie uwzględniają:

- potrzeby wyznaczania dla poszczególnych sieci i kierunków radiowych nie tylko częstotliwości roboczej, lecz również zapasowej w celu zapewnienia ciągłości łączności w warunkach zakłóceń celowych;

- potrzeby posiadania określonej ilości częstotliwości rezerwowych w celu zapewnienia możliwości dokonywania manewru falami w wypadku ich zajęcia przez nieprzyjaciela;

- niedostatecznego zagęszczenia siatki częstotliwości roboczych poszczególnych radiostacji, co powoduje nieefektywne wykorzystanie zakresu częstotliwości /nawet rzędu 50%/;

- faktu, iż szereg pasm omawianego zakresu jest zajęty przez cywilne służby stałe, ruchome i morskie, np. przez radiofonię pasma: 1 - 1,6 MHz, 4,3 MHz /70 m/, 6,1 MHz /49 m/, 7,3 MHz /41 m/, 9,7 MHz /31 m/, 12 MHz /25 m/, 15,8 MHz /19 m/, 18,7 MHz /16 m/ i 23 MHz /13 m/, oraz przez telewizję: 48,5 - 56,5 MHz - pierwszy kanał TV, i powyżej 58 MHz - drugi kanał TV.

Przedstawione uwarunkowania powodują, że ze względu na deficyt częstotliwości radiowych zachodzi potrzeba ich wielokrotnego użycia na polu walki. Stosowanie podanego sposobu wykorzystania częstotliwości radiowych musi być realizowane racjonalnie, tzn. powinno mieć na względzie eliminację wzajemnych zakłóceń.

Rozdział i wykorzystanie częstotliwości radiowych, uwzględniający zapewnienie kompatybilności elektromagnetycznej<sup>41/</sup>, są realizowane wówczas, gdy ogranicza się możliwość oddziaływania na urządzenia odbiorcze sygnałów niepożądanych i stwarza się warunki manewru falami w celu ochrony łączności radiowej /radiolinowej/ przed zakłóceniami celowymi.

W takim ujęciu kompatybilny rozdział i wykorzystanie częstotliwości radiowych zapewnia się, jeżeli:

1/ zostanie wygospodarowana niezbędna ilość częstotliwości zapasowych /zagadnienie zostanie naświetlone w następnym rozdziale, przede wszystkim w aspekcie ochrony łączności radiowej przed zakłóceniami celowymi/;

2/ zachowane będą odległości koordynacyjne eliminujące możliwość występowania wzajemnych zakłóceń pomiędzy relacjami radiowymi pracującymi jednocześnie na tych samych częstotliwościach;

3/ stosowana będzie koordynacja czasowa, wykluczająca możliwość jednoczesnej pracy relacji radiowych wykorzystujących te same częstotliwości na odległościach mniejszych od odległości koordynacyjnej;

4/ zachowane będą odstępstwa częstotliwościowe pomiędzy częstotliwościami pracy urządzeń radiowych wykorzystywanych w dużym skupieniu na ograniczonej przestrzeni /np. zamontowanych w wozach dowodzenia, rozwijanych na węzłach łączności/, wykluczające zakłócanie pracy poszczególnych odbiorników<sup>42/</sup> przez sygnały pochodzące od nadajników eksploatowanych w strefie bliskiej.

Reasumując, poprawny rozdział i wykorzystanie częstotliwości radiowych polega na zapewnieniu kompatybilności zewnętrznej łączności radiowej w strefie dalekiej w wyniku przestrzegania odległości koordynacyjnych i koordynacji czasowej oraz kompatybilności wewnętrznej łączności radiowej w strefie bliskiej w wyniku przestrzegania odstępów częstotliwościowych.

-----  
41/ Zgodność elektromagnetyczna - zapewnienie niezakłóconego odbioru sygnałów.

42/ Ze względu na niedoskonałość układów filtrujących odbiornika, sygnały o innych częstotliwościach pracy pochodzących od nadajników rozwiniętych w pobliżu powodują zakłócanie sygnału użytecznego odbiornika.

#### 4.3.2. Sposób oceny odległości koordynacyjnych<sup>43/</sup>

Biorąc pod uwagę, że anteny odbiorcze reagują na sygnały użyteczne i zakłócające, warunkiem osiągnięcia kompatybilności łączności radiowej jest zapewnienie odpowiedniego stosunku natężenia elektrycznych sygnałów: użytecznego pochodzącego od radiostacji korespondenta i zakłócających, pochodzących od innych radiostacji. Minimalna wartość stosunku natężeń pól elektrycznych użytecznego i zakłócającego, przy którym zapewnia się poprawną łączność, nazywa się współczynnikiem ochronnym:

$$p = \frac{E_u}{E_z}$$

gdzie:

p - współczynnik ochrony;

$E_u$  - natężenie pola elektrycznego sygnału użytecznego;

$E_z$  - natężenie pola elektrycznego sygnału zakłócającego;

/Wartości  $E_u$  i  $E_z$  ustala się w punkcie odbioru/.

Kompatybilną pracę środków radiowych uzyskuje się, jeżeli w punkcie odbioru wartość współczynnika ochronnego /p/ wynosi:

- dla łączności radiotelefonicznej /typu

$A_3, A_3J, F_3/$

- 3 ÷ 5

- dla łączności radiodalekopisowej i transmisji danych cyfrowych

- 7 ÷ 10

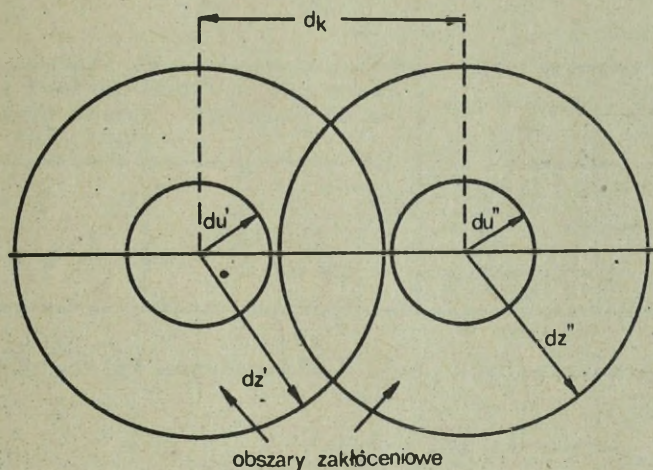
- dla łączności radiotelegraficznej słuchowej - 1,5.

Powyższe kryteria wyjściowe pozwalają ocenić wielkość odległości koordynacyjnych pomiędzy relacjami radiowymi przestrzennie oddalonymi i wykorzystującymi identyczne częstotliwości robocze.

Odległość koordynacyjna jest to najmniejsza dopuszczalna odległość, przy zachowaniu której funkcjonują bez wzajemnych zakłóceń przestrzennie oddalone relacje radiowe wykorzystujące tę samą częstotliwość roboczą<sup>44/</sup>. Taka odległość jest zachowana wówczas, gdy obszar użyteczny pierwszej relacji radiowej i obszar zakłócenia drugiej relacji radiowej wzajemnie nie pokrywają się /tylko stykają się/, lub odwrotnie, jeśli obszar użyteczny drugiej relacji radiowej i obszar zakłócenia pierwszej relacji nie pokrywają się.

-----  
43/ Przedstawiona analiza zawiera szereg uproszczeń dokonanych w celu uniknięcia złożonej interpretacji problemu.

44/ lub zajmujące częściowo to samo pasmo częstotliwości, jeżeli częstotliwości robocze poszczególnych relacji radiowych różnią się nieznacznie.



- $du'$  - zasięg użyteczny pierwszej relacji radiowej;
- $du''$  - zasięg użyteczny drugiej relacji radiowej;
- $dz'$  - zasięg zakłóceniewy pierwszej relacji radiowej;
- $dz''$  - zasięg zakłóceniewy drugiej relacji radiowej;
- $dk$  - odległość koordynacyjna.

Rys.4.14. Graficzna interpretacja odległości koordynacyjnej

Z przedstawionego rysunku wynika, że odległość koordynacyjna wynosi:

$$d_k \geq du' + dz'' \quad \text{lub} \quad d_k \geq du'' + dz'$$

Przy różnych mocach radiostacji pracujących w sieciach /kierunkach/ radiowych odległości koordynacyjne mogą być różne. W tym wypadku łączność bez wzajemnych zakłóceń będzie zapewniona przy wyborze maksymalnej odległości koordynacyjnej.

Wykorzystanie sieci /kierunków/ radiowych w polowych systemach łączności charakteryzuje się okresowymi zmianami rejonów rozmieszczenia poszczególnych korespondentów. Dlatego też za wyjściowy punkt odniesienia odległości koordynacyjnej pomiędzy relacjami radiowymi pracującymi na wspólnej częstotliwości należy przyjmować środki geometryczne sieci /kierunków/, równoznaczne ze środkiem pasa działania związku /oddzia-  
łania/. Aby jednak uwzględnić faktyczne położenie poszczególnych radio-  
stacji sieci w stosunku do jej środka geometrycznego /środka pasa dział-  
łania /, przy ocenach należy związać odległość koordynacyjną o współ-

czynnik dyslokacyjny /ld/<sup>45/</sup>.

Wartość współczynnika dyslokacyjnego prezentuje tabela 4.5.

Tabela 4.5

Szczelbel wykorzystania sieci/kierunków/radiowych	Szerokość pasa	Głębokość ugrupowania bojowego	Wartość współczynnika dyslokacyjnego /ld/
Pułk	10 km	10 km	1,1
Dywizja	20 km	30 km	1,2
Armia	60-100 km	60-100 km	1,3 ÷ 1,5

W związku z powyższym odległość koordynacyjną należy określać z zależności:

$$d_k = l_d / d_u + d_z /$$

Zasięg użyteczny radiostacji /d<sub>u</sub>/ jest to odległość od stacji nadawczej do punktu, w którym wartość natężenia pola elektrycznego spada do poziomu odpowiadającego czułości odbiornika. Zasięg użyteczny radiostacji do ocen odległości koordynacyjnych można określać na podstawie danych zawartych w instrukcjach oraz praktyki stosowania środków radiowych w konkretnych warunkach terenowych. Zasięg użyteczny /d<sub>u</sub>/ występuje w strefie podstawowej fali /rys. 4.15/.

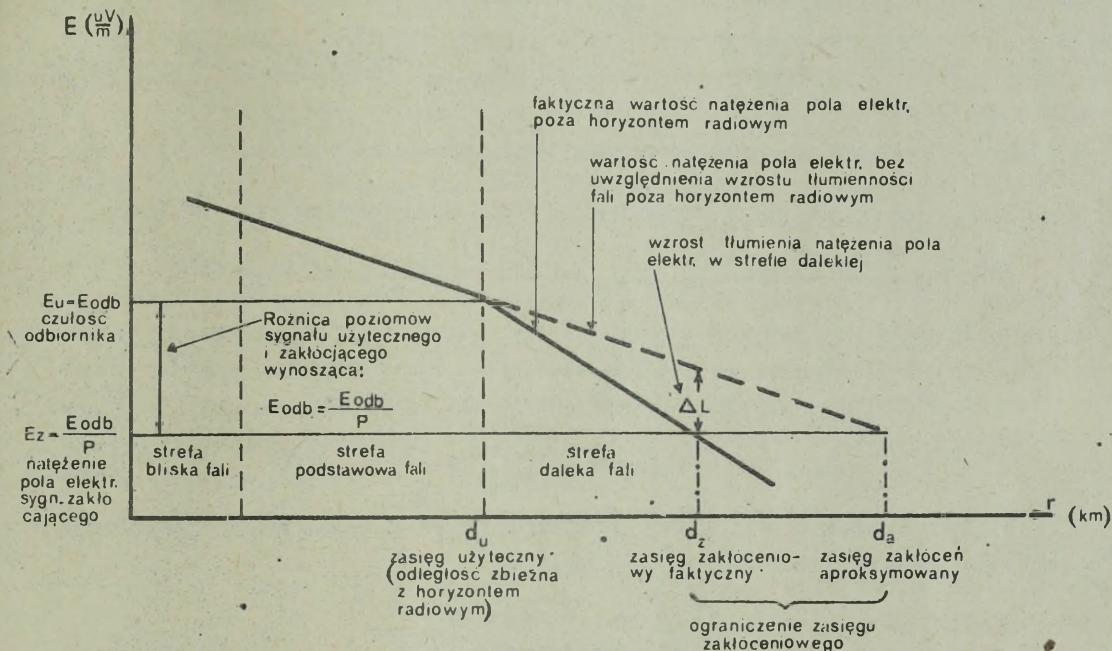
Posługując się wzorem na współczynnik ochronny oraz natężenie pola elektrycznego /patrz punkt 4.2/ można ustalić zasięg zakłóceniuowy radiostacji /d<sub>z</sub>/<sup>46/</sup>. Zasięg zakłóceniuowy /d<sub>z</sub>/ występuje w strefie dalekiej fali /rys. 4.15/.

Natężenie pola elektrycznego równe czułości odbiornika /E<sub>odb</sub>/ uzyskuje się na odległości "d<sub>u</sub>", natomiast natężenie pola elektrycznego pomniejszonego o wartość współczynnika ochronnego /p/ występuje

45/ Za podstawę określenia współczynnika dyslokacyjnego przyjęto organizację łączności w natarciu /oper. zaczepnej/ ze względu na najtrudniejsze warunki zapewnienia kompatybilności.

46/ Zasięg zakłóceniuowy /d<sub>z</sub>/ jest to odległość od radiostacji do punktu, w którym natężenie pola elektrycznego jest mniejsze od minimalnego natężenia użytecznego pola elektromagnetycznego dla radiostacji zakłócanej rozmieszczonej w tym punkcie.

na odległości  $d_z$ , którą należy ustalić uwzględniając wzrost tłumienia natężenia pola elektrycznego sygnału zakłócającego w strefie dalekiej.



$d_a = W \cdot d_z$ ;  $W$  - współczynnik ograniczenia zasięgu zakłóceń. Jego wartość jest większa od 1/.

Rys.4.15. Graficzna interpretacja określenia zasięgu zakłócenio- wego

Z rysunku 4.15. wynika, że tłumienie fali jest nierównomierne: najmniejsze w strefie bliskiej i największe w strefie dalekiej. Posługując się wzorami wartości natężenia pola elektrycznego fali powierzchniowej /patrz punkt 4.2/ w zakresie fal ultrakrótkich i uwzględniając wzrost tłumienia fali poza horyzontem radiowym, można ustalić natężenia pól elektrycznych użytecznego i zakłócanego, a na ich podstawie zasięg zakłócenio- wy jako funkcję zasięgu użytecznego, a także odległość koordynacyjną.

Natężenie pola elektrycznego odpowiadające czułości odbiornika występuje na odległości " $D_u$ ":

$$E_u = E_{\text{odb}} = 69 \sqrt{P_N G_N} \frac{h m^2}{\lambda d_u^2}$$

Natężenie pola elektrycznego sygnału zakłócającego o wartości  $E_z = E_{\text{odb}} \cdot \frac{E_{\text{odb}}}{p}$  występuje na odległości mniejszej od " $d_a$ ", tj. na odległości " $d_z$ ":

$$E_z = 69 \sqrt{P_N G_N} \frac{h m^2}{\lambda d_z^2} \cdot \Delta L \text{ lub } E_z = 69 \sqrt{P_N G_N} \frac{h m^2}{\lambda d_z^2} \cdot \frac{1}{W^2}$$

gdzie: W - współczynnik ograniczenie zasięgu zakłóceń;

$\Delta L$  lub  $\frac{1}{W^2}$  - wzrost tłumienności fali poza horyzontem radiowym.

Podstawiając wartość  $E_u$  i  $E_z$  do zależności  $p = \frac{E_u}{E_z}$ ,

otrzymujemy:

$$p = \frac{69 \sqrt{P_N G_N} \frac{h^2 m}{\lambda d_u^2}}{69 \sqrt{P_N G_N} \frac{h^2 m}{\lambda / W \cdot d_z^2}}$$

Po uproszczeniu wielkości jednoznacznych i dokonaniu przekształceń wzór na zasięg zakłóceńowy ma postać:

$$d_z = \frac{d_u \cdot \sqrt{p}}{W}$$

W związku z powyższym odległość koordynacyjną  $d_k = l_d / d_u + d_z$  można określić z zależności:

$$d_k = l_d / d_u + \frac{d_u \sqrt{p}}{W} = d_u \cdot l_d / 1 + \frac{\sqrt{p}}{W}$$

Dwie sieci radiowe zorganizowane za pomocą radiostacji R-123 w terenie lesistym będą pracowały bez wzajemnych zakłóceń, jeżeli odległość między nimi wyniesie około 50 km:

$$d_u = 15 \text{ km}$$

$$l_d = 1,1$$

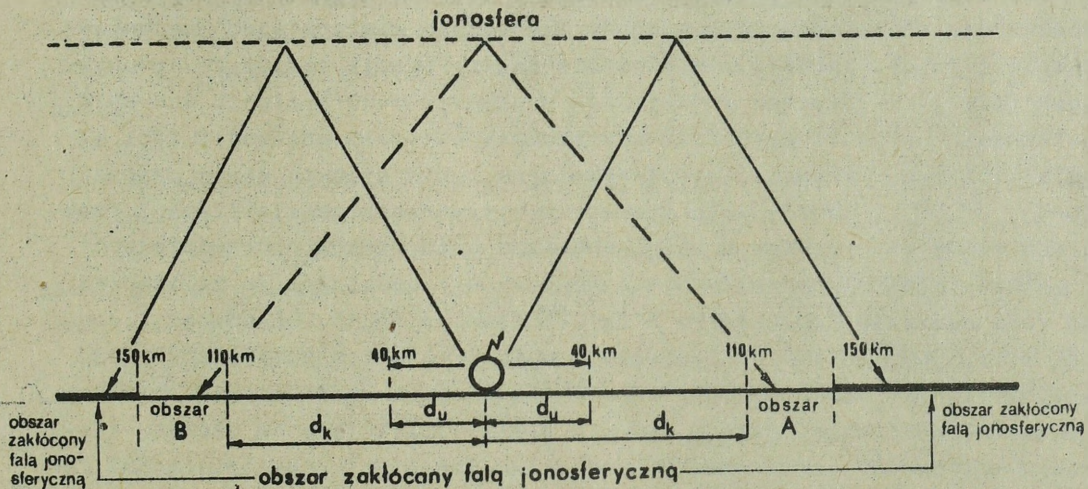
$$p = 4$$

$$W = 1,1$$

$$d_k = 15 \cdot 1,1 / 1 + \frac{4}{1,1} = 46,2 \text{ km}$$

Przedstawioną metodę ustalania odległości koordynacyjnych można stosować w odniesieniu do relacji radiowych ultrakrótkofalowych pracujących za pomocą fali powierzchniowej, typu ogólnego i przestrzennej przy wykorzystaniu anten dookólnych.

W odniesieniu do łączności radiowej organizowanej za pomocą fal krótkich powyższa metoda oceny kompatybilności jest nieprzydatna. Ocena kompatybilności pracy krótkofalowych relacji radiowych przy stosowaniu fal jonosferycznych należy przeprowadzić poprzez obliczanie stosunków natężeń pól elektrycznych sygnałów użytecznego i zakłócającego, uwzględniając tłumienie fali oraz zysk anten nadawczych i odbiorczych przy faktycznie występujących kątach emisji i odbioru. Przy ocenie kompatybilności krótkofalowych relacji radiowych pracujących na falach powierzchniowych należy mieć na uwadze pojawienie fali jonosferycznej o stosunkowo dużym poziomie natężenia pola elektrycznego na odległościach powyżej 150 ÷ 200 km, pomimo stosowania anten przeznaczonych do emisji i odbioru fali powierzchniowej /anteny z polaryzacją pionową typu prętowa, teleskopowa itp./. Fakt występowania wzajemnych zakłóceń przenoszonych falą jonosferyczną przy pracy falą powierzchniową dyskwalifikuje możliwość przestrzegania odległości koordynacyjnych w ocenach kompatybilności łączności radiowej krótkofalowej. Powyższy problem ilustruje rys. 4.16.



Rys. 4.16. Model propagacji i kompatybilności łączności radiowej na radiostacjach R-112 przy wykorzystaniu anteny prętowej

$$d_u = 40 \text{ km}, d_k = d_u \cdot \frac{1}{1 + \frac{\sqrt{P}}{W}} = 40 \cdot \frac{1,1}{1 + \frac{\sqrt{3}}{1,1}} = 110 \text{ km/}$$

W obszarach A lub B może być wykorzystana częstotliwość robocza, na której pracuje wykazana na rysunku 4.16. radiostacja R-112. Jednak nie można tej samej częstotliwości roboczej wykorzystywać równocześnie w obszarach A i B, ponieważ między nimi występuje odległość ponad 200 km, na której może wystąpić wzajemne zakłócanie falą jonosferyczną.

Przedstawiona analiza wskazuje, że częstotliwości robocze zakresu krótkofalowego mogą być powtórnie wykorzystane wyłącznie na znacznych odległościach, tj. w skali teatru działań wojennych na rozchodzących się kierunkach strategicznych lub operacyjnych. W związku z tym w odniesieniu do relacji radiowych organizowanych za pomocą radiostacji KF średniej mocy celowe jest stosowanie koordynacji czasowej wykorzystania częstotliwości radiowych.

#### 4.3.3. Zasady stosowania koordynacji czasowej wykorzystania częstotliwości radiowych

Koordynację czasową wykorzystania częstotliwości radiowych należy stosować w tych wypadkach, w których odległości między relacjami radiowymi wykorzystującymi identyczne częstotliwości robocze lub pasma częstotliwości są mniejsze od wartości odległości koordynacyjnych. Koordynacja czasowa jest realizowana również ze względu na potrzebę doboru częstotliwości roboczych do faktycznie występujących warunków propagacyjnych, zwłaszcza w odniesieniu do relacji radiowych stosujących fale jonosferyczne /polega to na ciągłym wykorzystaniu danych z sondowania prowadzonego przez aparatownie kontroli częstotliwości w celu stosowania częstotliwości roboczych zawierających się w paśmie  $LUF \leq f_{rob} \leq FOT$ /. Koordynacja czasowa wykorzystania częstotliwości roboczych wiąże się również z uwzględnieniem priorytetów w przydzielaniu częstotliwości dla poszczególnych związków i oddziałów. W zależności od roli oddziału lub związku w działaniach bojowych lub operacji mogą one otrzymywać do swojej dyspozycji ograniczoną lub zwiększoną ilość częstotliwości radiowych. Na przykład w ciągu określonej doby związek taktyczny wykonujący główne zadanie armii /działający na głównym kierunku uderzenia/ powinien otrzymać zwiększoną ilość częstotliwości radiowych w celu zwiększenia możliwości manewru falami w warunkach zakłóceń celowych itp., natomiast można w tym wypadku okresowo ograniczyć ilość częstotliwości wykorzystywanych przez drugorzutowy związek taktyczny.

W toku prowadzenia operacji mogą zmieniać się odległości pomiędzy związkami prowadzącymi działania bojowe. Między innymi związki taktyczne mogą być użyte na zmienionych kierunkach w stosunku do założonych

w planie operacji. Użycie związków taktycznych na nieplanowanych kierunkach może być przyczyną zmniejszenia się odległości koordynacyjnych. Gdy powyższe zmiany w działaniach związków spowodują zmniejszenie się odległości poniżej wartości koordynacyjnej  $/d_k /$ , wówczas zachodzi potrzeba skorygowania przydziałów i wykorzystania częstotliwości /na przykład poprzez wprowadzenie do użytku rezerwowych kolumn danych radiowych/.

Omówiony zakres kierowania łącznością radiową obejmuje scentralizowane formy koordynacji czasowej wykorzystywania częstotliwości radiowych. Od właściwej realizacji koordynacji czasowej wykorzystania częstotliwości przez organy dyspozycyjne łączności radiowej oraz załogi radiostacji zależy ciągłość działania łączności.

Występuje ponadto potrzeba stosowania zdecentralizowanej koordynacji czasowej wykorzystania częstotliwości radiowych realizowanej bezpośrednio przez obsługi środków radiowych, zwłaszcza radiostacji średniej mocy. Potrzeba wdrożenia zdecentralizowanej koordynacji czasowej wykorzystania częstotliwości radiowych wynika z następujących przesłanek:

- deficytu częstotliwości radiowych;
- zmieniającej się jednoczesności i intensywności wykorzystania poszczególnych relacji radiowych /zazwyczaj znaczna część sieci i kierunków radiowych jest wykorzystywana w ciągu 30-60% czasu dowodzenia wojсками/;
- trudności w zachowaniu odległości koordynacyjnych pomiędzy relacjami wykorzystującymi identyczne częstotliwości radiowe, szczególnie w odniesieniu do krótkofalowych łączności;
- do czasu styczności z nieprzyjacielem brak możliwości oceny wzajemnego oddziaływania środków emitujących fale radiowe, stosowanych przez walczące strony.

Przedstawione względy uzasadniają potrzebę wdrożenia zdecentralizowanych form koordynacji czasowej wykorzystania częstotliwości radiowych.

Radiostacje średniej mocy, wyposażone w generatory częstotliwości o dużej stabilności, dysponują zagęszczonymi siatkami częstotliwości roboczych, a mianowicie:

- w radiostacjach R-140 i R-137 odstęp między częstotliwościami roboczymi wynosi 100 HZ;

- w radiostacjach R-118 i R-102 przy pracy radiotelefonicznej częstotliwości robocze można wyznaczać z odstępem co 1 kHz.

Ta właściwość radiostacji średniej mocy ułatwia planowanie często-

tliwości roboczych, ponieważ umożliwia wyznaczenie różnych częstotliwości roboczych /nośnych/ dla poszczególnych relacji radiowych wykorzystywanych na TDW. Przy zróżnicowanych częstotliwościach roboczych /nośnych/ widma sygnałów są wzajemnie przesunięte. W związku z tym parasożytnicze oddziaływanie pomiędzy relacjami radiowymi w strefie dalekiej zmniejsza się. Zagęszczona siatka częstotliwości roboczych umożliwia ponadto manewr częstotliwościami pracy w wypadku występowania zakłóceń relacji radiowych, pochodzących od radiostacji własnych lub przeciwnika. W celu wykorzystania tej możliwości /zwłaszcza w wypadku stosowania radiostacji R-137 i R-140 wyposażonych w układy 10 zawczasu przygotowanych częstotliwości przełączanych w ciągu ok. 30 sekund/ dla sieci i kierunków radiowych należy wyznaczać nie tylko częstotliwości pracy /roboczą, zapasową, dzienną oraz nocną/, lecz również pasmo przestrajania częstotliwości roboczych lub pomocnicze częstotliwości manewru. Badania przeprowadzone w Wojskowej Akademii Technicznej wykazały, że przestrojenie częstotliwości roboczej nawet o 0,5 kHz może zapewnić zdecydowaną poprawę łączności radiowej. W celu zwiększenia niezawodności łączności radiowej, co jest równoznaczne ze zwiększeniem jej kompatybilności, przydziały częstotliwości dla sieci i kierunków radiowych powinny obejmować wyznaczenie podstawowej częstotliwości roboczej oraz pasma lub częstotliwości manewru. Szerokość pasma manewru częstotliwościami może wynosić kilka, a nawet kilkanaście kHz.

Reasumując, przydział częstotliwości dla sieci /kierunku/ radiowej może obejmować wyznaczenie częstotliwości roboczej i pasma manewru lub częstotliwości roboczej i pomocniczych częstotliwości manewru, na przykład:

$$f_{\text{pracy}} = 3 \text{ MHz} \pm 5 \text{ kHz};$$

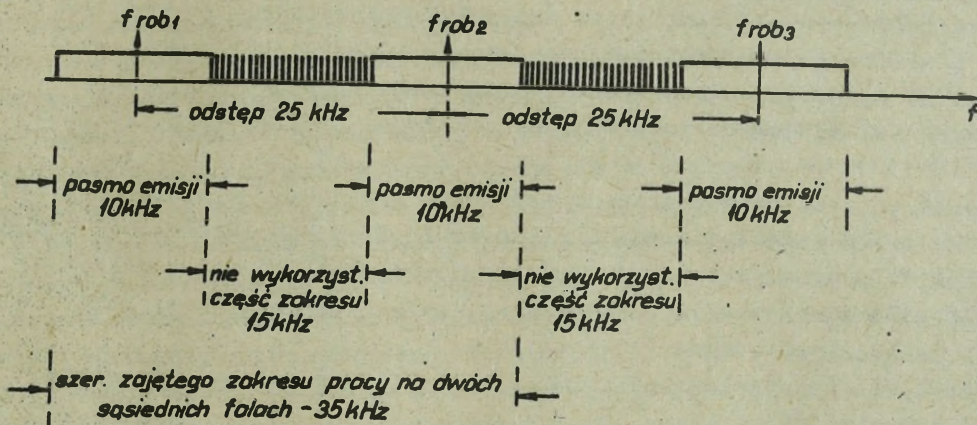
lub

$$f_{\text{pracy}} = 3 \text{ MHz} \text{ i } f_{\text{manewru}} = 2995, 2998, 3002, 3004, 3006 \text{ MHz.}$$

Na podstawowej częstotliwości pracy /częstotliwości roboczej/ następuje nawiązanie łączności i jej utrzymanie do czasu występowania zakłóceń. Pasma manewru lub pomocnicze częstotliwości manewru radiotelegrafiści powinni wykorzystywać samodzielnie w wypadku występowania zakłóceń, przeprowadzając uprzednio ocenę przydatności poszczególnych pomocniczych częstotliwości manewru /pasma manewru/. Ze względu na niedostateczną stabilność generatorów częstotliwości obecnie stosowane radiostacje małej mocy takich możliwości nie posiadają. Dysponują one siatkami częstotliwości z następującymi odstępami:

- co 10 kHz - radiostacje KF R-112 i R-104;

- co 25 kHz - radiostacje UKF nowej generacji;
- co 50 kHz - radiostacje UKF starej generacji.



Rys.4.17. Efektywność wykorzystania zakresu ultrakrótkofalowego przy odstępach częstotliwości roboczych co 25 kHz

Przy niedostatecznym zagęszczeniu siatki częstotliwości roboczych występuje szereg ujemnych zjawisk efektywności wykorzystania zakresu częstotliwości radiowych. Analiza siatki częstotliwości radiostacji UKF z odstępem 25 kHz wykazuje, iż /rysunek 4.17/:

- między poszczególnymi częstotliwościami roboczymi nie wykorzystuje się części zakresu o szerokości 15 kHz, tj. w zakresie 20 ÷ 52 MHz prawie 60% widma fal radiowych /19,2 MHz/;

- dla dwóch emisji radiowych na sąsiednich częstotliwościach zajęte jest pasmo o szerokości 35 kHz;

- w skali frontu /armii/ poszczególne przestrzennie oddalone sieci /kierunki/ radiowe pracujące na tych samych częstotliwościach wykorzystują standardową siatkę częstotliwości. Utrudnia to zapewnienie optymalnej kompatybilności elektromagnetycznej ze względu na brak możliwości wykorzystania zróżnicowanych częstotliwości roboczych w strefie dalekiej, zapewniających wzajemne przesunięcie widm sygnałów.

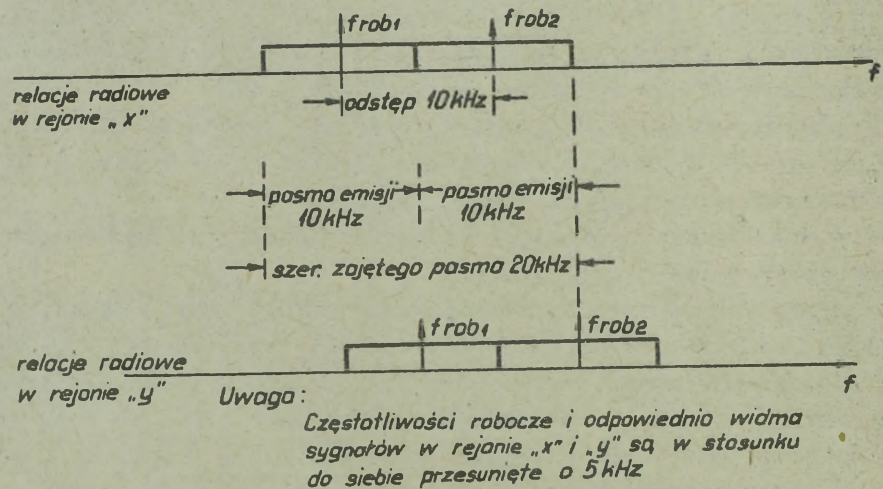
Kompatybilna praca łączności radiowej, organizowana za pomocą środków radiowych o niedostatecznej ilości fal roboczych, nie we wszystkich sytuacjach operacyjno-taktycznych jest osiągalna. Mogą występować

sytuacje, w których mogą mieć miejsce w strefie dalekiej wzajemne zakłócenia /zamierzone lub niezamierzone/ relacji radiowych pracujących na tych samych częstotliwościach. W takich okolicznościach załogi radiostacji i osoby funkcyjne powinny umiejętnie stosować przemienne przekazywanie wiadomości w poszczególnych sieciach /kierunkach/ radiowych, zorganizowanych przez różne związki lub oddziały. Ten wymuszony rodzaj koordynacji czasowej wykorzystywania łączności radiowej /częstotliwości radiowych/, nie zapewniający zadowalającej terminowości łączności, był wielokrotnie stosowany w okresie drugiej wojny światowej.

Perspektywiczny rozwój środków radiowych małej mocy - w celu zmniejszenia deficytu częstotliwości i złagodzenia warunków zapewnienia kompatybilności elektromagnetycznej - powinien zmierzać w dwóch kierunkach:

- zakładać wprowadzenie zagęszczonej siatki częstotliwości roboczych z odstępem co 1 kHz;
- zapewniać rozszerzenie zakresu częstotliwości radiostacji ultrakrótkofalowych.

Przy podanych parametrach perspektywicznych ultrakrótkofalowych radiostacji małej mocy będzie zapewniona wyższa efektywność łączności radiowej, polegająca na /patrz rys. 4.18/:



Rys. 4.18. Efektywność wykorzystania zakresu ultrakrótkofalowego przy odstępach częstotliwości roboczych co 1 kHz /wariant/

- możliwości pełnego wykorzystania zakresu częstotliwości radiostacji /w 100%/;

- zmniejszeniu zajętości pasma częstotliwości dla dwóch emisji radiowych do 20 kHz;

- skuteczniejszym zapewnieniu kompatybilności elektromagnetycznej;  
- ze względu na możliwość doboru różnych częstotliwości roboczych dla dwóch relacji radiowych przestrzennie oddalonych /widma sygnałów w stosunku do siebie są przesunięte/.

Zastosowanie siatki częstotliwości z odstępem co 1 kHz w perspektywicznych ultrakrótkofalowych i krótkofalowych radiostacjach małej mocy umożliwi ponadto stosowanie pomocniczych częstotliwości manewru, stwarzając lepsze warunki zapewnienia kompatybilności elektromagnetycznej w strefie dalekiej.

Zdecentralizowana koordynacja czasowa wykorzystania częstotliwości radiowych, obejmująca przechodzenie sieci i kierunków radiowych na częstotliwości zapasowe oraz pomocnicze częstotliwości manewru, jest ważkim czynnikiem ochrony łączności radiowej przed zakłóceniami celowymi oraz wzajemnymi zakłóceniami środków radiowych. Jej realizacja przy obecnym wyposażeniu technicznym parku radiostacji może być realizowana tylko w ograniczonym stopniu, nie zapewniającym pożądanej niezawodności łączności. Występuje więc potrzeba udoskonalenia metod nawiązywania i utrzymania łączności radiowej oraz przechodzenia relacji radiowych na częstotliwości zapasowe i manewru, ukierunkowanych przede wszystkim na uzyskanie następujących efektów eksploatacyjnych:

- zapewnienie jednoczesnego i dwustronnego /radiostacji głównej oraz podległych/ przełączania radiostacji na inną falę zgodnie z decyzją radiostacji głównej w ujednoliconym czasie;

- zapewnienie możliwości pomiaru stosunków poziomu sygnału do zakłóceń na poszczególnych częstotliwościach /roboczych, zapasowych i pomocniczych/ i zgodnie z ich oceną automatyczne lub subiektywne /wg decyzji operatora radiostacji głównej/ przejście na optymalną częstotliwość pracy;

- skrócenie do minimum czasu zautomatyzowanego przełączania sieci /kierunków/ radiowych na inną częstotliwość pracy /do 1 sekundy/;

- zwiększenie stopnia maskowania łączności radiowej w wyniku stosowania częstych zmian częstotliwości pracy wszystkich relacji radiowych pracujących w systemie łączności wg ustalonego programu wykluczającego, wzajemne zakłócanie się relacji radiowych /na przykład z częstotliwością co 2 lub 4 minuty, a nawet co 0,5 lub 1 minutę/.

Wprowadzenie podanych udoskonaleń organizacyjno-technicznych łączności radiowej w relacjach radiowych organizowanych za pomocą radiostacji R-140, R-137, w nowego typu aparatowniach radioodbiornych ty-

pu "CYNIA" lub w kolejnych perspektywicznych wersjach środków radiowych ma nastąpić w najbliższych latach na skutek wdrożenia samoadaptacyjnych linii radiowych, umożliwiających realizację wyżej podanego zakresu czynności w sposób zautomatyzowany.

Zakłada się wdrożenie dwóch stopni samoadaptacji:

- pierwszy stopień samoadaptacji, wprowadzonej w najbliższych latach, obejmuje automatyzację nawiązywania łączności oraz przełączania środków radiowych na inną falę w ramach 10 z góry przygotowanych częstotliwości /ZPCz/ na podstawie decyzji podejmowanej przez urządzenia kontroli jakości kanału;

- drugi stopień samoadaptacji, wprowadzony w kolejnych latach, zapewni dodatkowo możliwość samoczynnej zmiany częstotliwości pracy /każdej z 10 ZPCz/ w ramach 30 pomocniczych częstotliwości manewru nazywanych w literaturze technicznej subfalami /zawartych w paśmie manewru 15 kHz, po obu stronach częstotliwości pracy z odstępem co 0,5 kHz/. Jako kryterium samoczynnego przełączania subfali będzie automatycznie oceniany stosunek sygnału do szumu /zakłóceń/ na poszczególnych subfalach.

Zastosowanie samoadaptacyjnych sieci i kierunków radiowych /linii radiowych/ z dwoma stopniami samoadaptacji umożliwi przestrajanie relacji radiowej w ramach 3000 częstotliwości pracy, tj. 10 odległych częstotliwości /ZPCz/ i 290 przylegających do nich subfal. Omówione udogodnienia zapewnią właściwe rozwiązanie kompatybilności pracy środków radiowych średniej mocy.

#### 4.3.4. Zasady zapewnienia kompatybilności prac środków radiowych w strefie bliskiej - wyznaczanie odstępów częstotliwościowych

Wzajemnymi zakłóceniami strefy dalekiej nazywamy zakłócenia występujące pomiędzy oddalonymi środkami radiowymi pracującymi na tych samych częstotliwościach /lub pasmach/.

Sposoby przeciwdziałania tym zakłóceniom zostały omówione w punktach 4.3.2. i 4.3.3. niniejszego rozdziału.

Wzajemnymi zakłóceniami strefy bliskiej nazywamy zakłócenia występujące pomiędzy skoncentrowanymi na niedużej przestrzeni /lub w jednym obiekcie /środkami radiowymi pracującymi na różnych częstotliwościach.

Wzajemne zakłócenia w strefie bliskiej powodowane są głównie przez promieniowanie uboczne nadajników i boczne kanały odbioru odbiorników, tj:<sup>47/</sup>

-----  
47/ Boczne kanały odbioru odbiorników: lustrzane, na częstotliwości pośredniej itp.

- zakłócenia podstawowych kanałów odbiorników przez sygnały nadajników o częstotliwościach harmonicznych oraz sygnały uboczne /pasożytnicze/ występujące w pobliżu pasma emisji nadajnika;

- zakłócenia kanałów pasożytniczych odbiorników /o częstotliwości lustrzanej lub pośredniej/ przez podstawowe kanały nadajników;

- zakłócenie podstawowych kanałów odbiornika przez sygnały intermodulacyjne, powstające na wejściu odbiornika /w nieliniowym układzie/ jako produkt jednoczesnego oddziaływania kilku sygnałów nadajników o częstotliwościach podstawowych i harmonicznych.

Przedział ochronny /odstęp częstotliwościowy/ eliminujący zakłócenia od podstawowych sygnałów nadajnika w strefie bezpośredniej /przy rozmieszczaniu radiostacji na jednym obiekcie/ powinien wynosić  $\pm 4$  MHz lub  $\pm 10\%$  wartości częstotliwości roboczych dla radiostacji UKF, a dla radiostacji KF nie mniej niż  $\pm 1$  MHz.

Przy rozmieszczeniu radiostacji w strefie bliskiej na odległościach między nimi w granicach 200 - 300 m odstępy między częstotliwościami roboczymi powinny wynosić 100 kHz dla radiostacji małej mocy i 200-300 kHz dla radiostacji średniej mocy. Przy wykorzystaniu środków radiowych w układzie centrum odbiorcze - centrum nadawcze i rozmieszczeniu ich na odległości 5 ÷ 10 km wystarczający jest odstęp częstotliwościowy rzędu 16 ÷ 20 kHz pomiędzy częstotliwościami roboczymi poszczególnych relacji.

Odstępy częstotliwościowe należy również przestrzegać w wypadku wykorzystania środków radiowych do pracy dwupleksowej w celu zapobieżenia możliwości zakłócenia pracy odbiornika wykorzystującego falę  $\lambda_1$  przez nadajnik emitujący energię na fali  $\lambda_2$ . Na przykład w odniesieniu do radiostacji R-140 odstęp między częstotliwościami nadawczą i odbiorczą przy pracy dwupleksowej powinien wynosić ponad 0,5 MHz.

Przy rozmieszczeniu środków radiowych w jednym obiekcie /z uwzględnieniem piątej harmonicznej włącznie/ odstęp częstotliwościowy przed zakłóceniami od sygnałów harmonicznych powinien wynosić  $\pm 50$  ÷ 100 kHz.

Odstęp częstotliwościowy przed zakłóceniami intermodulacyjnymi, zakładając jednoczesną pracę na nadawanie nie więcej niż trzech nadajników w jednym obiekcie, powinien wynosić od 40 do 60 kHz.

W celu zapewnienia poprawnej pracy środków radioliniowych i wyeliminowania możliwości oddziaływania na nie środków radiowych należy stosować odstępy terytorialne. Odległość pomiędzy stacjami radiolinowymi i radiostacjami KF nie może być mniejsza niż 2 km.

Przy uwzględnieniu wyżej wyszczególnionych rodzajów zakłóceń oraz przedziałów ochronnych opracowane zostały dla poszczególnych typów wzorów dowodzenia /PED/ tablice fal wzajemnie niezakłócanych.

Liczbę zestawów częstotliwości wzajemnie niezakłócanych dla niektórych WD i PED przedstawia tabela 4.6.

Tabela 4.6.

Lp.	Typ wozu dowodzenia/PED/	Ilość środków radiowych	Ilość zestawów częstotliwości wzajemnie niezakłócanych
1.	R-2	4	300
2.	R-3	6	204
3.	R-3A	7	101
4.	R-3Z/R-4/	5	104
5.	RD-115Z	3	215
6.	R-5	3	117
7.	PED-2	8	145

Określenie "zestaw częstotliwości wzajemnie niezakłócanych" oznacza, że w danym typie wozu dowodzenia /powietrznego elementu dowodzenia/ można wykorzystywać środki radiowe na wskazanych w tabelach częstotliwościach bez obawy powstawania zakłóceń wzajemnych.

Na węzłach łączności wozy dowodzenia są zazwyczaj wykorzystywane w znacznym skupieniu. W tym wypadku przy wyznaczaniu częstotliwości powstaje konieczność dokonania interpolacji, której celem powinno być zapobieżenie możliwości powstawania zakłóceń pracy odbiorników od sygnałów nadajników różnych wozów dowodzenia.

Przy rozmieszczaniu wozów dowodzenia na odległościach 100 ÷ 200 m dobór częstotliwości powinien obejmować:

- wybór częstotliwości roboczych dla poszczególnych WD zgodnie z tabelami;
- zapewnienie odstępu między poszczególnymi częstotliwościami roboczymi stosowanymi w różnych wozach rzędu  $\pm 100$  kHz. Przy większych odległościach WD kryterium odstępu częstotliwościowego ulega ograniczeniu.

Reasumując, planowanie przydziału częstotliwości roboczych na szczeblu armii powinno polegać na:

- wyznaczaniu zestawów częstotliwości roboczych przeznaczonych dla poszczególnych związków taktycznych oddziałów i pododdziałów z punktu widzenia zapewnienia zewnętrznej kompatybilności elektromagnetycznej łączności radiowej w strefie dalekiej /odległości koordynacyjne i koordynacja czasowa/;

- wytypowanie w poszczególnych zestawach takich częstotliwości, aby zapewnić w strefie bliskiej wewnętrzną kompatybilność elektromagnetyczną środków radiowych, pracujących w skupieniu na ograniczonej przestrzeni /odstępy częstotliwościowe/.

#### 4.4. Ocena możliwości ochrony łączności radiowej przed zakłóceniami celowymi nieprzyjaciela w wyniku stosowania manewru częstotliwościami radiowymi

Podstawowa ilość relacji radiowych stosowanych w skali armii pracuje na falach przyziemnych. W związku z tym możliwości oddziaływania nieprzyjaciela środkami walki radioelektronicznej zostaną rozpatrzone dla tego rodzaju propagacji fal. Skuteczność zakłóceń można ocenić na podstawie uproszczonego wzoru:

$$K_z = \sqrt{\frac{P_z}{P_s}} \cdot \left(\frac{r}{R}\right)^2$$

gdzie:

$K_z$  - współczynnik skuteczności zakłóceń wyrażający stosunek natężenia pola elektrycznego sygnału zakłócającego  $E_z$  do natężenia pola elektrycznego sygnału użytecznego  $E_u$  na wejściu odbiornika /anteny/, tzn.

$$K_z = \frac{E_z}{E_u} ;$$

$P_z$  - moc stacji zakłócającej;

$P_s$  - moc radiostacji korespondujących /zakłócanych/;

$r$  - odległość między radiostacjami korespondującymi;

$R$  - odległość pomiędzy stacją zakłócającą i radiostacjami korespondującymi.

Zakłócenia są skuteczne o ile  $K_z$  uzyskuje wartości:

- przy pracy telegraficznej - 1
- przy pracy radiofonicznej dwuwstępowej - 1,5
- przy pracy radiofonicznej jednowstępowej - 5.

Na podstawie przytoczonego wzoru można ustalić, że czynnikiem determinującym skuteczność zakłóceń jest stosunek odległości /występuje w kwadracie/, natomiast stosunek mocy odgrywa drugoplanową rolę /występuje pod pierwiastkiem/. Ten fakt między innymi określa potrzebę:

- przemieszczania punktów dowodzenia w tcku działań ze znacznie większą częstością niż w okresie drugiej wojny światowej /w celu skrócenia odległości pomiędzy utrzymującymi łączność dowództwami i sztabami/;

- rozwijania wysuniętych punktów dowodzenia /punktów obserwacyjnych/ w rejonie pierwszorzutowych związków, oddziałów i pododdziałów;

- wykorzystania powietrznych elementów dowodzenia, umożliwiających skrócenie odległości między korespondującymi radiostacjami do minimum.

W toku działań bojowych mogą występować trzy ewidentne stosunki odległościowe:

- trasa sygnału zakłócającego jest znacznie dłuższa od trasy sygnału użytecznego  $/R \gg r/$ ;

- trasy obu sygnałów są bliskoznaczne  $/R \sim r/$ ;

- trasa sygnału zakłócającego jest znacznie krótsza od trasy sygnału użytecznego  $/R \ll r/$ .

W pierwszym wypadku  $/R \gg r/$  zakłócenie są całkowicie nieskuteczne. Na przykład zakłócenie sieci radiowej kompanii czołgów jest niemożliwe przy użyciu typowej stacji zakłócającej NATO AN/MRQ-22 o mocy 150 W rozmieszczonej w odległości 5-8 km od linii styczności wojsk:

$$P_z = 150 \text{ W}, P_g = 20 \text{ W}, r = 1 \text{ km} \text{ i } R = 6 \text{ km.}$$

$$K_z = \sqrt{\frac{150}{20}} / \frac{1}{6} / 2 \approx 0,1.$$

W drugim wypadku  $/R \sim r/$  zakłócenia będą skuteczne. Na przykład zakłócenie sieci radiowej dowódcy dywizji zorganizowanej za pomocą radiostacji R-111 /odległość do pułku 10 km/ przy użyciu stacji zakłócającej AN/MRQ-22 /z odległości 10 km/ zapewni następującą wartość współczynnika skuteczności zakłóceń:

$$P_z = 150 \text{ W}, P_g = 75 \text{ W}, r = 10 \text{ km} \text{ i } R = 10 \text{ km.}$$

$$K_z = \sqrt{\frac{150}{75}} / \frac{10}{10} / 2 \approx 1,5.$$

Powyższa analiza pozwala stwierdzić, że przy użyciu naziemnych stacji zakłócających i stosowaniu zakłóceń selektywnych nieprzyjacieli nie jest w stanie zakłócić 100% relacji radiowych. Biorąc pod uwagę jego potencjał ilościowy stacji zakłócających oraz przedstawione możliwości techniczne, należy przyjąć, że w zależności od koncentracji zakłóceń w pasie działania armii nieprzyjacieli może dezorganizować od 25% do 50% relacji radiowych na poszczególnych kierunkach.

W związku z tym, aby zapewnić ochronę łączności radiowej przed zakłóceniami selektywnymi, należy dysponować w skali armii częstotliwościami zapasowymi w ilości co najmniej 30 ÷ 50% potrzeb częstotliwości roboczych.

Najgroźniejsze są zakłócenia z małych odległości  $/R \ll r/$ . W tym wy-

padku nieprzyjaciel może wykorzystać nadajniki zakłócające jednorazowego użytku o mocy do 75 W, stosując zakłócenia zaporowe.

Nadajniki zakłócające jednorazowego użytku mogą być montowane w pociskach artyleryjskich lub bombach lotniczych i lokowane bezpośrednio w rejonach rozwinięcia oraz działania ugrupowań bojowych naszych wojsk.

Zakłócenia za pomocą nadajników jednorazowego użytku w wypadku stosowania zakłóceń zaporowych w paśmie 1 ÷ 60 MHz zdezorganizują pracę relacji radiowych R-111 z odległości 1 km:

$$P_s = 75 \text{ W}$$

$$P_z = \frac{P_N \cdot \Delta F}{\Delta f}$$

$$P_z = \frac{75 \cdot 10 \cdot 10^3}{59 \cdot 10^6} = 15 \cdot 10^{-3} \text{ W}$$

75000

$$r = 10 \text{ km}$$

$$K_z = 1,5$$

gdzie:  $P_N$  - moc nadajnika jednorazowego użytku;

$\Delta F$  - zakłócanie pasmo przy  $F_3$  wynosi 10 kHz;

$\Delta f$  - zakłócanie pasmo - 59 MHz.

$$R = \frac{r}{\sqrt{K_z}} \sqrt[4]{\frac{P_z}{P_s}} = \frac{10}{1,5} \sqrt[4]{\frac{15 \cdot 10^{-3}}{75}} \approx 1 \text{ km}$$

Należy jednak liczyć się z bardziej efektywnym wykorzystaniem nadajników jednorazowego użytku. Przy wyposażeniu ich w odbiorniki rejestrujące silne sygnały, nadajniki mogą generować zakłócenia tylko na wybranych częstotliwościach, "wskazanych" przez odbiorniki, tj. stosować zakłócenia selektywno-zaporowe. Przy podanych wyżej warunkach zasięg zakłóceń wzrasta kilkakrotnie. Nadajniki przystosowane do zakłóceń selektywno-zaporowych będą skutecznie zakłócać radiostacje R-111 z odległości 4 km:

$$P_s = 75 \text{ W}$$

$$P_z = \frac{P_N}{n} = \frac{75}{15} = 5$$

$$r = 10 \text{ km}$$

$$K_z = 1,5$$

gdzie:  $P_N$  - moc nadajnika zakłócającego - 75 W;

$n$  - ilość zakłócanych relacji - 15

$$R = \frac{r}{\sqrt{K_z}} \quad 4 \sqrt{\frac{P_z}{P_s}} = \frac{10}{1,5} \quad 4 \sqrt{\frac{5}{75}} = 4 \text{ km}$$

Przy stosowaniu zakłóceń zaporowych i selektywno-zaporowych przechodzenie na fale zapasowe jest pozbawione sensu, ponieważ są w podobnym stopniu zagrożone. Ochrona łączności radiowej w tym wypadku może być osiągnięta poprzez niszczenie nadajników jednorazowego użytku oraz przemieszczenia punktów dowodzenia i węzłów łączności w inne rejony.

Reasumując, ochrona łączności radiowej /przed zakłóceniami/ przy wykorzystaniu częstotliwości zapasowych może być stosowana w ograniczonym zakresie, tj. w wypadku stosowania zakłóceń selektywnych.

W wypadku zakłóceń zaporowych z bliskich odległości, realizowanych za pomocą nadajników jednorazowego użytku, ochrona łączności radiowej może być zapewniona w wyniku ich niszczenia oraz przemieszczenia punktów dowodzenia i węzłów łączności do nowych rejonów.

Przedstawione sposoby ochrony łączności przed zakłóceniami należy zaszeregować do biernych, nie zapewniających ciągłości funkcjonowania łączności. Dlatego też niezbędne jest stosowanie aktywnych sposobów ochrony łączności, osiągane w wyniku skutecznego obezwładnienia się i środków wojny radioelektronicznej nieprzyjaciela, a także jego środków przenoszenia nadajników jednorazowego użytku.

#### 4.5. Planowanie rozdziału ultrakrótkofalowych częstotliwości radiowych w armii

W armii o typowym składzie /5 dywizji/ może być zorganizowanych na falach ultrakrótkich ponad 1100 relacji radiowych, w tym:

- ponad 1000 relacji, precjujących za pomocą nisko zawieszonych anten, tj. wykorzystujących fale powierzchniową; w tej liczbie około 40% relacji stosuje wyłącznie radiostacje o mocy 1 W /R-107; R-105, R-108 i R-109/ oraz około 60% relacji stosuje radiostacje o mocy 20 W i więcej /R-123, R-113, R-105PM, R-108 PM i R-109PM/;

- ponad 40 relacji radiowych, wykorzystujących radiostacje o mocy 75 W oraz anteny zawieszane na wysokości zbliżonej do stosowanych długości fal; relacje te na postoju wykorzystują fale przyziemne typu ogólnego;

- ponad 20 relacji organizowanych za pomocą radiostacji R-137 o średniej mocy, wykorzystujących propagację przyziemnych fal typu ogólnego oraz fale troposferyczne.

Zestawienie relacji radiowych organizowanych w skali armii<sup>48/</sup> przedstawia tabela 4.7.

Tabela 4.7.

Szczelbel organizacyjny	DZ	DZ-4	DPanc	Armia oraz związki i oddziały armijne	łącznie potrzeby
Rodzaj stosowanej fali i mocy P/st					
Fala powierzchniowa P = 1 W	70	280	50	70	400
Fala powierzchniowa P = 20 ÷ 30 W	110	440	110	110	660
Fala przyziemna typu ogólnego P = 75 W	6	24	6	12	42
Fala przyziemna typu ogólnego i troposferyczna P = 1 kW	1	4	1	17	22
łącznie		748	167	209	1124

Na podstawie zestawienia liczby relacji radiowych stosowanych w skali armii można sprecyzować szereg dezyderatów odnośnie do planowania rozdziału częstotliwości radiowych:

- liczba sieci i kierunków radiowych organizowanych w armii wymaga zaangażowania prawie pełnej ilości częstotliwości roboczych, jakimi dysponują radiostacje UKF małej mocy /brak jest rezerwy na wyznaczenie częstotliwości zapasowych/;

- w celu zapewnienia kompatybilności łączności radiowej należy skoordynować wykorzystanie częstotliwości radiowych pomiędzy armiami, stosując je powtórnie na odległościach odpowiadających wartości odległości koordynacyjnych, a także należy zbadać możliwości niejednokrotnego stosowania częstotliwości w skali jednej armii;

- w celu ułatwienia planowania rozdziału i wykorzystania częstotliwości radiowych w skali armii i frontu celowe jest stosowanie grup i zestawów częstotliwości.

Tak więc, aby zoptymalizować planowanie wykorzystania częstotliwości radiowych UKF, należy ocenić odległości koordynacyjne oraz ustalić rodzaje i ilości grup oraz zestawów częstotliwości.

48/ Podane liczby nie obejmują sieci radiowych organizowanych za pomocą radiostacji R-126.

Dla poszczególnych rodzajów propagacji fal oraz poszczególnych typów radiostacji odległości koordynacyjne będą różne. W związku z tym celowe jest grupy częstotliwości wytypować odpowiednio do stosowanych mocy radiostacji i występujących wielkości odległości koordynacyjnych. Ilość niezbędnych grup częstotliwości dla poszczególnych wartości odległości koordynacyjnych /typów radiostacji i rodzajów propagacji/ zależy będzie od składu ugrupowania operacyjnego armii oraz parametrów odległościowo-przestrzennych, w ramach których prowadzi działania ugrupowanie operacyjne armii. Natomiast ilość dywizyjnych zestawów częstotliwości, obejmujących grupy częstotliwości, zależy będzie wyłącznie od składu armii /ilości związków taktycznych/. Należy również wytypować grupy do zestawu armijnego.

Częstotliwości do pracy radiostacji R-137 można planować pomiędzy częstotliwościami roboczymi radiostacji małej mocy /patrz rysunek 4.17./, zajmując nie wykorzystane odcinki zakresu UKF przez radiostacje małej mocy oraz część wolnego zakresu  $52 \pm 60$  MHz. W podobny sposób można planować częstotliwości zapasowe dla radiostacji R-140 w paśmie  $20 \pm 30$  MHz, wykorzystywane do łączności po wykonaniu wysokościowych wybuchów jądrowych, w następstwie których występuje deformacja jonosfery i kilkunastogodzinne przerwy w pracy relacji radiowych na falach jonoaferycznych.

Planowanie w podany sposób częstotliwości dla relacji radiowych wykorzystujących radiostacje R-137 i R-140 /w paśmie  $20 \pm 30$  MHz/ zmniejszy deficyt częstotliwości standardowych radiostacji UKF małej mocy.

W związku z możliwością wydzielenia dla relacji radiowych, wykorzystujących radiostacje R-137 i R-140, znacznej ilości częstotliwości radiowych poza siatką standardową radiostacji UKF małej mocy, zasady ich wydzielenia w dalszych rozważaniach nie będą rozpatrywane. Odległości koordynacyjne mogą osiągać następujące wartości /przedstawia tabela 4.8./:

Największe trudności występują w kompatybilnym wykorzystaniu częstotliwości radiowych w operacji zaczepnej armii ze względu na największe zagęszczenie wojsk.

W operacji zaczepnej armia może prowadzić działania w pasie o szerokości  $60 \pm 100$  km, mając rozwinięte ugrupowanie operacyjne na głębokość  $60 \pm 100$  km.

Tak więc dla armii typowymi wielkościami będą szerokość pasa natarcia i głębokość ugrupowania bojowego wynosząca około 80 km.

Tabela 4.8.

Rodzaj fali i wielkość mocy radiostacji	Fala powierzchniowa P = 1 W	Fala powierzchniowa P = 20÷30 W	Fala typu ogólnego P = 75W
Ocena odległości koordynacyjnej			
$d_u$ /km/	12 km <sup>49/</sup>	20÷30 km	45 km
$l_d$	1,1	1,2	1,25
$p$ 50/	3	3	5
$w$	1,1	1,1	1,1
$d_k$ /km/	35 km	80 km	170 km

Porównanie parametrów przestrzennych ugrupowania operacyjnego armii z odległościami koordynacyjnymi wykazuje, że:

- częstotliwości robocze do pracy falą powierzchniową i radiostacjami o mocy 1 W / $d_k = 35$  km/ mogą być w skali armii stosowane niejednokrotnie;

- częstotliwości robocze do pracy falą powierzchniową i radiostacjami o mocy 20-30 W / $d_k = 80$  km/ mogą być w skali armii stosowane jednokrotnie i powtórzone w sąsiednich armiach według ustalonej zasady, przeciwdziałającej użyciu ich na odległościach mniejszych od koordynacyjnej;

- częstotliwości robocze do pracy falą typu ogólnego i radiostacjami o mocy 75 W /uwzględniając ponadto, że współdziałają one z powietrznymi elementami dowodzenia, których zasięg użyteczny i zakłóceniowy jest znacznie większy w porównaniu z zasięgami radiostacji naziemnych/ nie mogą być stosowane w sąsiednich armiach.

Uwzględniając wnioski wynikające z ocen parametrów przestrzennych ugrupowania operacyjnego armii oraz odległości koordynacyjnych, a także potrzebę wydzielania częstotliwości roboczych dla frontowych związków i oddziałów działających w pasie armii na wysokości usytuowania ugru-

49/ Przy wykorzystaniu anteny promieniowej zasięg użyteczny w kierunku prostopadłym do osi anteny jest znacznie mniejszy /a więc nie 15 lub 25 km/.

50/  $p = 3$  przyjęto dla łączności nieujawnionej;

$p = 5$  przyjęto dla łączności utajnionej.

powania armijnego, można ustalić niezbędną ilość grup częstotliwości.

W celu zapewnienia pracy relacji radiowych wykorzystujących fale powierzchniowe i radiostacje o mocy 1 W, przy założeniu zapewnienia łączności dla 6 podstawowych składników armii<sup>51/</sup> przy odległościach koordynacyjnych o połowę mniejszych od parametrów przestrzennych ugrupowania armijnego, można ograniczyć się do 5 grup częstotliwości /numery grup od 1 do 5/ po 70 częstotliwości każda. Łączne potrzeby grup nr 1÷5 wyniosą 350 częstotliwości /tj. o 50 częstotliwości mniej w stosunku do liczby relacji radiowych wykazanych w tabeli "Zestawienie relacji radiowych organizowanych w skali armii"/.

W celu zapewnienia pracy relacji radiowych wykorzystujących fale powierzchniowe i radiostacje o mocy 20÷30 W, przy założeniu zapewnienia łączności dla 6 podstawowych składników armii i równoznaczności odległości koordynacyjnych z parametrami przestrzennymi ugrupowania operacyjnego armii, zachodzi potrzeba wydzielenia 6 grup częstotliwości /numery grup od 11 do 16/ po 110 częstotliwości każda. Łączne potrzeby grup nr 11÷16 wyniosą 660 częstotliwości radiowych /tj. ich liczba jest równoznaczna z liczbą relacji radiowych wykazanych w tabeli "Zestawienie relacji radiowych organizowanych w skali armii"/.

W celu zapewnienia pracy relacji radiowych wykorzystujących fale przyziemne typu ogólnego i radiostacje o mocy 75 W zachodzi potrzeba zarezerwowania znacznie większej liczby częstotliwości od liczby relacji radiowych organizowanych w armii. Konieczność taka wynika z następujących względów:

- sąsiednie armie oraz frontowe związki i oddziały, biorąc pod uwagę wielkość odległości koordynacyjnych występujących w wypadku wykorzystania radiostacji typu R-111 i anten zawieszonych na wysokości około 10 m, powinny stosować inne częstotliwości radiowe;

- dla części relacji radiowych wykorzystujących radiostacje R-137 /dla których można wyznaczać częstotliwości robocze odmienne od standardowych częstotliwości ustalonych dla UKF radiostacji małej mocy /ze względu na potrzebę ich współpracy z wozami dowodzenia i powietrznymi elementami dowodzenia /za pomocą radiostacji R-111/ należy przydzielić częstotliwości ustalone dla radiostacji UKF małej mocy.

Z powyższych ustaleń wynika, że dla relacji radiowych wykorzystujących fale typu ogólnego i radiostacje o mocy 75 W - i w niektórych wypadkach 1 kW /współpraca z PED/ - zachodzi potrzeba zaplanowania co najmniej 4 grup częstotliwości /nry grup od 21 do 24/ po 42 częstotliwości

-----  
51/ Pięć dywizji oraz armijne związki i oddziały.

każda. łączne potrzeby grup nr 21-24 wyniosą 168 częstotliwości /a więc znacznie więcej od liczby relacji radiowych wykazanych w "Zestawieniu relacji radiowych organizowanych w skali armii"/.

Na podstawie przeprowadzonej analizy można sformułować następujące wnioski ogólne:

- jeżeli odległości koordynacyjne są większe od parametrów przestrzennych ugrupowania operacyjnego /taktycznego/ związku, w celu zapewnienia bezkolizyjnej pracy środków radiowych w skali całego ugrupowania wojsk należy wydzielić znacznie większą liczbę częstotliwości od liczby relacji radiowych organizowanych w danym związku;

- jeżeli odległości koordynacyjne są mniejsze od parametrów przestrzennych ugrupowania operacyjnego /taktycznego/ związku, można zapewnić bezkolizyjne funkcjonowanie łączności radiowej w skali całego ugrupowania wojsk za pomocą mniejszej liczby częstotliwości roboczych w stosunku do liczby organizowanych sieci i kierunków w danym związku;

- jeżeli odległości koordynacyjne są równoznaczne z parametrami przestrzennymi ugrupowania operacyjnego /taktycznego/ związku można zapewnić bezkolizyjne funkcjonowanie łączności radiowej w skali całego ugrupowania wojsk za pomocą liczby częstotliwości roboczych odpowiadającej liczbie relacji radiowych/organizowanych w rozpatrywanym związku.

Zestawienie grup częstotliwości w armii przy zachowaniu kompatybilności w skali całego ugrupowania wojsk przedstawia tabela 4.9.

Tabela 4.9.

Przeznaczenie grup częstotliwości	Liczba grup częstotliwości i numery grup	Liczba częstotliwości w jednej grupie	Liczba zaangażowanych częstotliwości
1	2	3	4
Na potrzeby relacji radiowych pracujących falą powierzchniową i wykorzystujących radiostacje o mocy 1 W /nisko zawieszane anteny/	5 - od nr 1 do nr 5	70	350
Na potrzeby relacji radiowych pracujących falą powierzchniową i wykorzystujących radiostacje o mocy 20-30 W /nisko zawieszane anteny	6 - od nr 11 do nr 16	110	660

1	2	3	4
Dla relacji radiowych pracujących falą przyziemną typu ogólnego i wykorzystujących radiostacje o mocy 75W w niektórych wypadkach do współpracy z PED i o mocy 1 kW /anteny zawieszono na wysokości $h \approx \lambda$ /	4 - od nr 21 do nr 24	42	168
Rezerwa częstotliwości roboczych dla frontowych związków i oddziałów działających w paśmie armii i innych /wynikająca z potrzeb zapewnienia kompatybilności/	1 - nr 31	103	103
Łączne potrzeby ilości częstotliwości roboczych			1281

Z powyższego zestawienia wynika, że przy obecnym parku radiostacji UKF rozdział częstotliwości /wyłącznie roboczych/ w sposób kompatybilny zaplanować można tylko przez zaangażowanie pełnej liczby częstotliwości pracy, jakimi dysponują radiostacje R-107 i R-111 /1281 fal/ oraz R-123 /1261 fal/.

Wykorzystanie poszczególnych grup częstotliwości ilustruje rysunek 4.19.

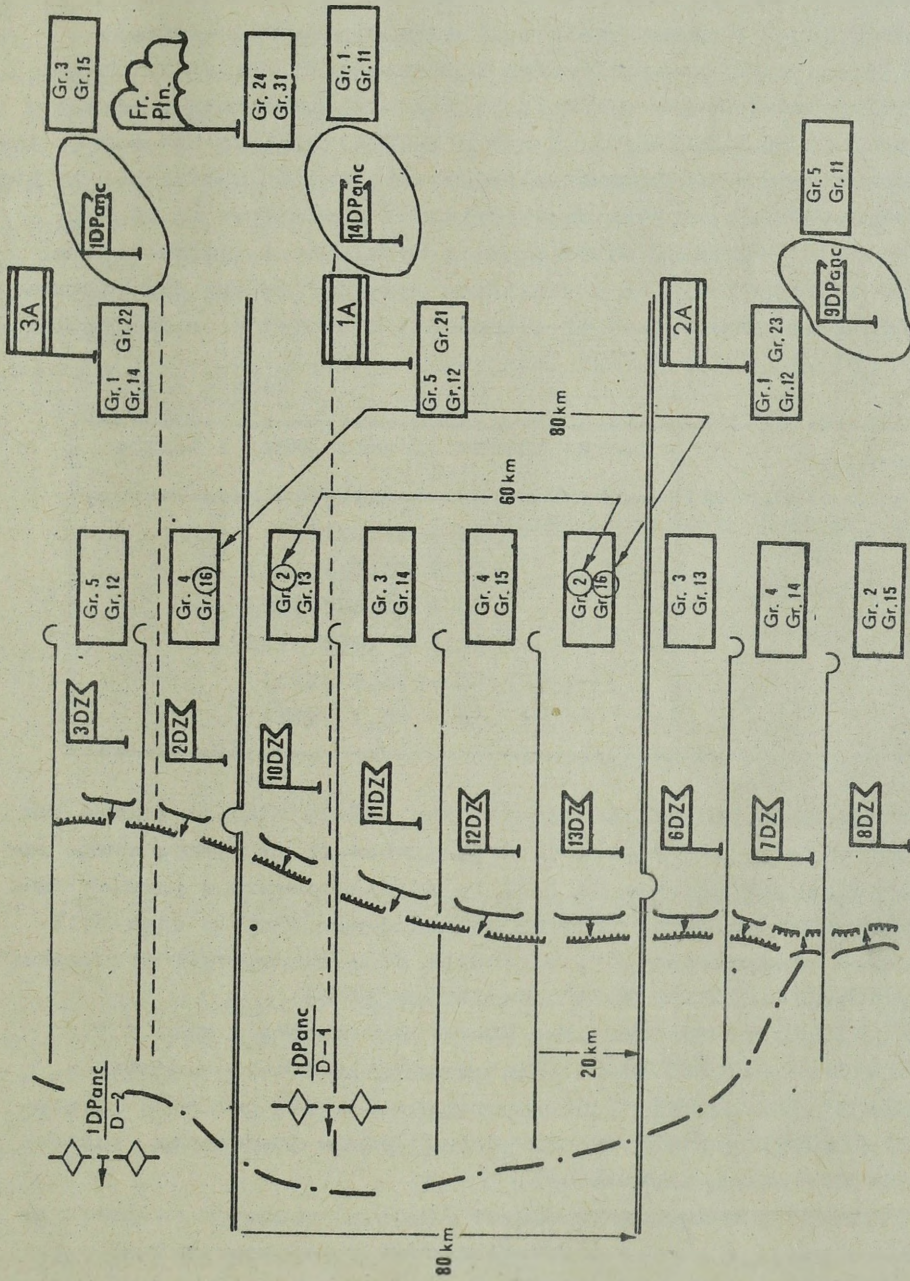
W przedstawionym na rysunku 4.19 wariantie wykorzystania grup częstotliwości te same grupy są wykorzystywane na odległościach:

- grupy nr 1, 2, 3, 4 i 5 - rzędu 50-60 km /pożądana odległość koordynacyjna 35 km/;
- grupy nr 11, 12, 13, 14, 15 i 16 - rzędu 80 - 90 km /pożądana odległość koordynacyjna 80 km/;
- grupy nr 21, 22, 23, 24 i 31 nie powtarzają się /pożądana odległość koordynacyjna 170 km/.

Na podstawie rysunku 4.19 można określić zestawy częstotliwości wykorzystywane w armii:

Tabela 4.10

Przeznaczenie zestawu /związek taktyczny lub operacyjny/	Nr zestawu częstotliwości	Nr grup częstotliwości wchodzących do zestawu
10 DZ	I	Gr.nr 2 i 13
11 DZ	II	Gr.nr 3 i 14
12 DZ	III	Gr.nr 4 i 15
13 DZ	IV	Gr.nr 2 i 16
14 DPanc	V	Gr.nr 1 i 11
1 A.	VI	Gr.nr. 5, 12, 21



Rys.4.19. Wykorzystanie UKF grup częstotliwości z uwzględnieniem odległości koordynacyjnych /wariant/

Częstotliwości do poszczególnych grup nie mogą być planowane w sposób mechaniczny. Przy ich wyznaczaniu należy uwzględnić następujące uwarunkowania:

- w poszczególnych sieciach radiowych mogą występować radiostacje dysponujące siatką częstotliwości z odstępem 25 kHz /R-123, R-113, R-107 i R-111/, jak również radiostacje starszej generacji z odstępem częstotliwości co 50 kHz /R-105, R-108 i R-109/. Dlatego też w poszczególnych grupach należy zaplanować obok częstotliwości z odstępem 25 kHz również w odpowiedniej liczbie częstotliwości z odstępem co 50 kHz;
- odpowiednio do wyposażenia związków i oddziałów w radiostacje w poszczególnych grupach należy przewidzieć częstotliwości dla poszczególnych sieci w zakresach, jakimi dysponują radiostacje, a mianowicie:

Tabela 4.11.

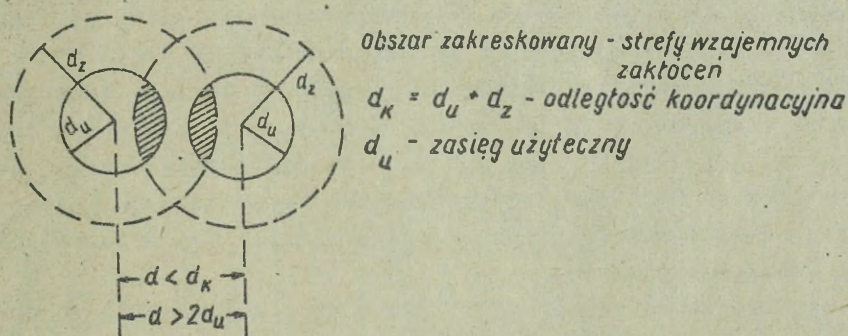
Typ radiostacji	Zakres częstotliwości /MHz/ i liczba fal
R-107 i R-111	20 ÷ 52 /1281/
R-123	20 ÷ 51,5 /1261/
R-113	20 ÷ 22,375 /96/
R-109	21,5 ÷ 28,5 /145/
R-108	28 - 36,5 /171/
R-105	36 - 46,1 /203/

- przy wyznaczaniu częstotliwości do grup należy mieć na uwadze ich wykorzystanie w relacjach radiowych organizowanych za pomocą wozów dowodzenia /PED/. W odniesieniu do tych relacji radiowych w grupach należy planować częstotliwości robocze na podstawie "Tablic częstotliwości wzajemnie niezakłócanych", stosownie do występujących w związkach i oddziałach typów i liczby wozów dowodzenia /PED/;

- należy uwzględnić również inne kryteria omówione w pkt. 4.3.4. warunkujące kompatybilność elektromagnetyczną łączności radiowej w strefie bliskiej /na przykład odstępy częstotliwości pomiędzy częstotliwościami wyznaczonymi dla poszczególnych wozów dowodzenia, rozmieszczonych na Wł w dużym skupieniu/.

Analiza możliwości wyznaczania częstotliwości roboczych do poszczególnych grup z uwzględnieniem przedstawionych wyżej uwarunkowań wykazuje, że największy ich niedobór występuje w odniesieniu do relacji radiowych wykorzystujących radiostacje typu R-113 /96 fal/ i w mniejszym stopniu R-105 /203 fale/.

Rozstrzygnięcie tego problemu może być dwojakie. Pierwszy sposób polega na ograniczeniu liczby relacji radiowych /na przykład: zamiast stosowania w pułku czołgów 5 sieci kompanijnych za pomocą radiostacji R-113 i sieci dcy pułku za pomocą radiostacji R-112. Zorganizowanie dwóch sieci radiowych, w tym jednej UKF - pułku czołgów oraz KF dowódcy pułku z dowódcami kompanii/. Drugi sposób polega na wyznaczaniu częstotliwości na odległościach mniejszych od koordynacyjnych. W tym wypadku należy liczyć się z zakłóceniami wzajemnymi /rysunek 4.20/ i koniecznością stosowania przez użytkowników przemiennego wykorzystania relacji radiowych, ograniczającego szybkość obiegu wiadomości. Zmniejszenie odległości między relacjami wykorzystującymi identyczne częstotliwości nie może być dowolne. Odległość między relacjami radiowymi w skrajnych wypadkach musi spełniać warunek " $d > 2d_u$ " /gdzie  $d_u$  - zasięg użyteczny radiostacji/.



Rys.4.20. Obszar zakłóceń wzajemnych przy stosowaniu odległości między relacjami radiowymi w strefie dalekiej mniejszej od koordynacyjnej

Zachowanie odległości " $d \gg 2d_u$ " pomiędzy ZT wykorzystującymi identyczne częstotliwości pracy nie eliminuje wzajemnych zakłóceń, a jedynie ogranicza obszar niepożądanego ich oddziaływania. Istota takiego wyboru odległości ma jednak inny sens, który należy rozpatrywać w kategoriach operacyjno-taktycznych. W toku działań zaczepnych największe skupienie wojsk występuje w czasie przełamania zawczasu przygotowanej rubieży obrony nieprzyjaciela, forsowania dużej przeszkody wodnej, wprowadzenia do bitwy drugich rzutów itp.

W wyniku rozwijania operacji armijnej związki taktyczne przechodzą zazwyczaj do działań na oddzielnych kierunkach, zwiększając odległości pomiędzy sobą.

Zachowanie odległości " $d \geq 2d_u$ " na określonym etapie działań zaczepnych warunkuje możliwość /w toku operacji/ zwiększenia się odległości pomiędzy poszczególnymi związkami taktycznymi wykorzystującymi identyczne grupy częstotliwości lub pojedyncze częstotliwości pracy do wielkości  $d \geq d_k$ , tj. zapewnia się funkcjonowanie łączności po okresie braku kompatybilności /trwającego kilka godzin/ bez wzajemnych zakłóceń.

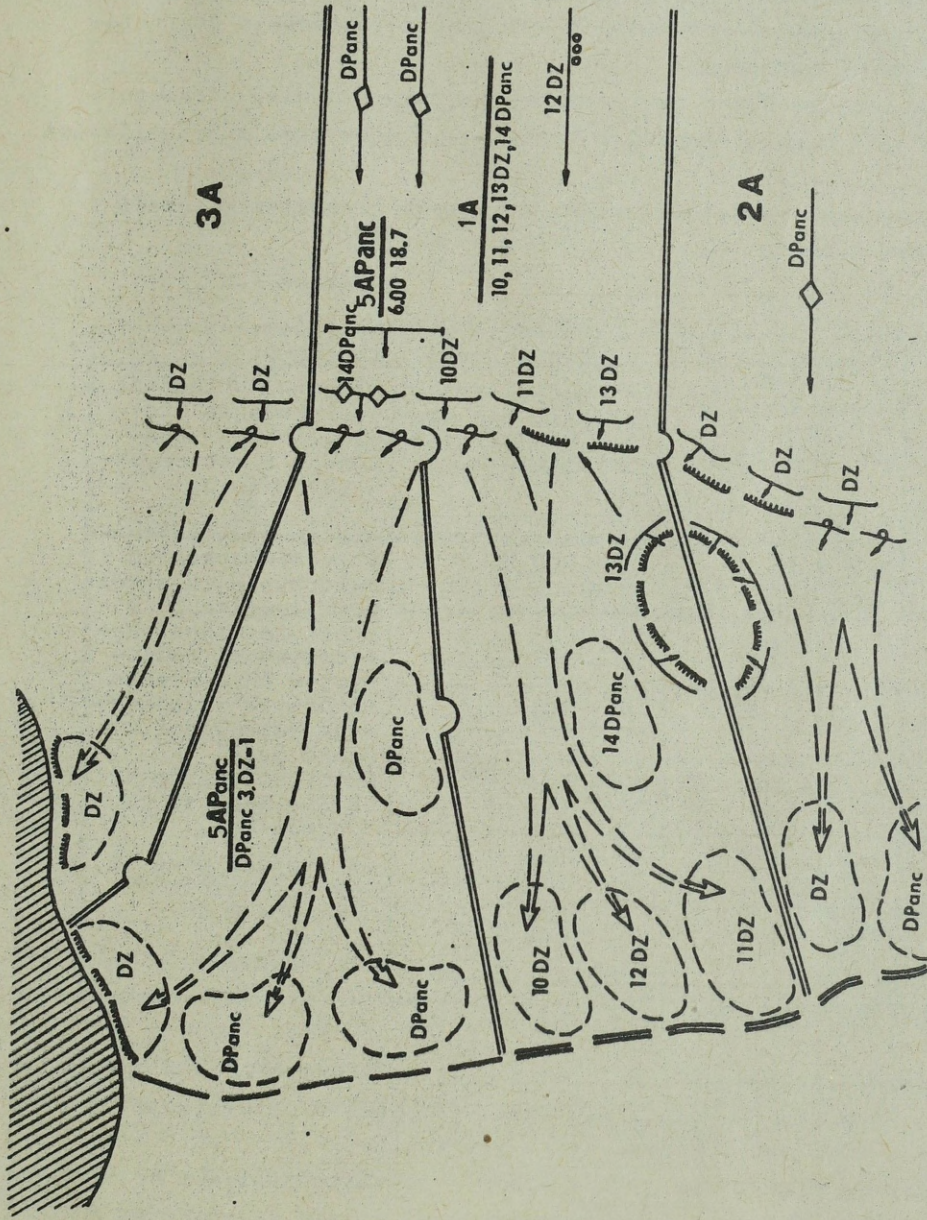
Najtrudniejsze warunki zapewnienia zewnętrznej kompatybilności elektromagnetycznej /w strefie dalekiej/ występują w okresie wprowadzenia do bitwy armii drugiego rzutu frontu.

Drugorzutowa armia z zasady jest wprowadzona na styku dwóch armii lub na jednym skrzydle armii. W tym wypadku w obrębie przestrzennego ugrupowania dwóch lub jednej armii rozwijają działania zaczepne odpowiednio trzy lub dwie armie. Jest to równoznaczne z zasadniczą zmianą stosunku odległości koordynacyjnych do parametrów przestrzennych ugrupowań operacyjnych armii ze względu na zagęszczenie liczby związków taktycznych w wybranych pasach działania /obok związków taktycznych armii I rzutu zabezpieczających wprowadzenie armii II rzutu są wprowadzane do walki związki taktyczne drugorzutowej armii/. Zazwyczaj na rubieży wprowadzenia do bitwy armii II rzutu frontu w pasie działania pierwszorzutowej dywizji mogą wchodzić do walki dwie dywizje armii II rzutu frontu. Przy obecnie stosowanych radiostacjach występują znaczne trudności w zapewnieniu kompatybilności pracy łączności w tego rodzaju okolicznościach.

W okresie wprowadzania armii II rzutu do walki zachodzi potrzeba stosowania przemiennego wykorzystania poszczególnych sieci radiowych. Przy zapewnieniu priorytetu wykorzystania środków radiowych wprowadzanej armii. Okres złożonej sytuacji falowej może trwać do kilku godzin. Następnie poszczególne armie prowadzą działania zaczepne na wydzielonych kierunkach /w zmienionych pasach działania/, umożliwiającym zapewnienie kompatybilnej pracy środków radiowych /rys. 4.21./. Zapewnienie ciągłości działania łączności radiowej, uwarunkowane sposobem rozdziału częstotliwości radiowych, powinno stanowić istotę kierowania łącznością radiową w okresie wprowadzania do bitwy armii II rzutu frontu.

Przeprowadzone analizy planowania rozdziału częstotliwości ultra-krótkofalowych i ich wykorzystania obejmowały problem zapewnienia kompatybilności łączności radiowej przy zastosowaniu wyłącznie częstotliwości roboczych. W związku z tym zachodzi konieczność rozpatrzenia możliwości wydzielenia częstotliwości zapasowych.

W punkcie 4.4. omawiającym możliwości ochrony łączności radiowej przed



Rys.4.21. Wariant ugrupowania operacyjnego wojsk w okresie wprowadzania do bitwy armii drugiego rzutu frontu

zakłóceniami wykazano, że zachodzi konieczność wydzielenia częstotliwości zapasowych w ilości, stanowiącej co najmniej 30 - 50% ilości częstotliwości roboczych. Powstaje pytanie, w jaki sposób planować przydziały częstotliwości zapasowych, skoro częstotliwości radiowe zostały rozdysponowane do poszczególnych grup i zestawów w charakterze częstotliwości roboczych?

Rozwiązanie tego problemu jest możliwe jedynie w wyniku stosowania już rozdzielonych częstotliwości roboczych w charakterze częstotliwości zapasowych.

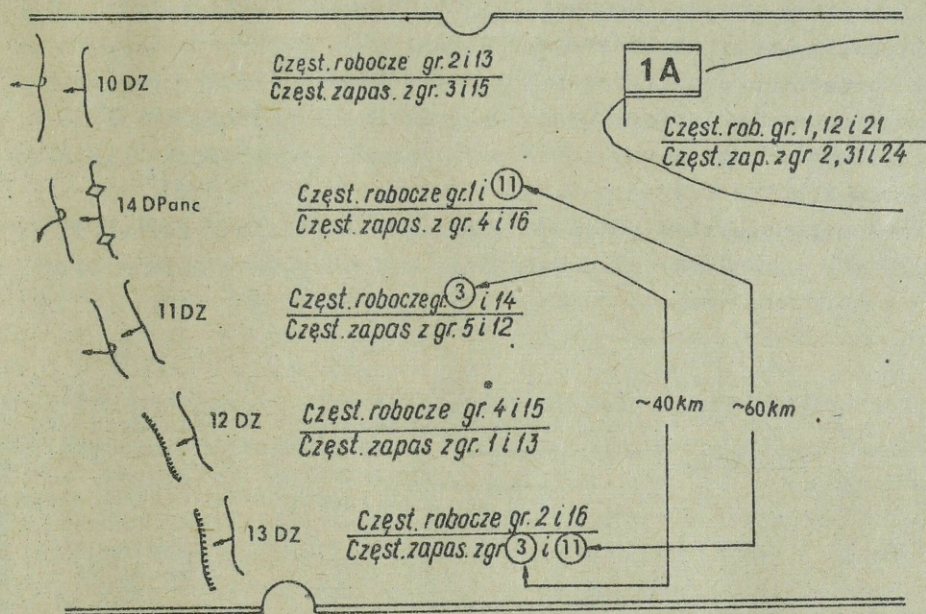
Wariant wyznaczenia częstotliwości zapasowych przedstawia tabela 4.12. i rysunek 4.22.

Tabela 4.12.

Przeznaczenie zestawu/związek taktyczny lub operac./	Częstotliwości robocze		Częstotliwości zapasowe	
	Nr zestawu	/Nr grup/	Nr grupy, z której wydziela się częstotliwości zapasowe	Oceniana odległość występowania częstotliwości zapasowych i roboczych w stosunku do "d <sub>k</sub> "
10 DZ	I/2	1 13	30 + 50% gr.3 30 + 50% gr.15	Przy równoczesnym wykorzystaniu przez poszczególne ZT i organy armijne częstotliwości radiowych w charakterze roboczych i zapasowych odległości wynosić będą: -w wypadku grup 1, 2,3,4,5-ok.40 km /d <sub>k</sub> =35 km/; -w wypadku grup 11, 12,13,14,15 i 16 -ok.60-80 km /d <sub>k</sub> =80 km/ 2d <sub>u</sub> =60km/.
11 DZ	II/3	1 14	30 + 50% gr.5 30 + 50% gr.12	
12 DZ	III/4	1 15	30 + 50% gr.1 30 + 50% gr.13	
13 DZ	IV/2	1 16	30 + 50% gr.3 30 + 50% gr.11	
14 DPanc	V/1	1 11	30 + 50% gr.4 30 + 50% gr.16	
1 A	VI/5	1 12 1 21	30 - 50% gr.2 40% gr.31 30% gr.24	

Uwagi:

- 1/ Częstotliwości wyznaczone jako robocze w określonych ZT i w innych ZT jako zapasowe należy wykorzystywać jako częstotliwości robocze w drugoplanowych sieciach i kierunkach.
- 2/ Częstotliwości wyznaczone jako robocze w zestawie armijnym nr VI oraz grupach nr 5 i 12 i jako zapasowe w ZT należy stosować na szczeblu armii w organach tyłowych.
- 3/ Częstotliwości wyznaczone do grupy nr 31 /rezerwa frontowa/ i wykorzystywane jako zapasowe w oddziałach armijnych nie powinny być wykorzystywane w pasie działania armii jako robocze.



Rys. 4.22. Wariant wykorzystania grup cz\u0119stotliwo\u015bci w charakterze cz\u0119stotliwo\u015bci roboczych i zapasowych wraz z ocen\u0105 odlego\u015bci

Planuj\u0105c rozdzia\u0142 cz\u0119stotliwo\u015bci w zakresie UKF i ustalaj\u0105c grupy cz\u0119stotliwo\u015bci, nale\u017cy wytypowa\u0107 w nich podgrupy. Cz\u0119stotliwo\u015bci podgrup b\u0119d\u0105 wykorzystywane dwojako:

- w okre\u015blonych zwi\u0105zkach b\u0119d\u0105 stosowane jako cz\u0119stotliwo\u015bci robocze;

- w innych zwi\u0105zkach b\u0119d\u0105 stosowane jako cz\u0119stotliwo\u015bci zapasowe.

U\u017cy\u0107cie 30 + 50% cz\u0119stotliwo\u015bci grupy nale\u017cy planowa\u0107 w spos\u00f3b nast\u0119puj\u0105cy:

- w charakterze cz\u0119stotliwo\u015bci roboczych powinny by\u0107 wyznaczane do pracy w sieciach radiowych o relatywnie ni\u017cszym nat\u0119\u017ceniu wymiany radiowej /drugoplanowych/;

- w charakterze cz\u0119stotliwo\u015bci zapasowych powinny by\u0107 wyznaczone do pracy w najbardziej zagro\u017conych pierwszoplanowych sieciach radiowych, kt\u00f3rych ochrona przed zak\u0142\u00f3ceniami warunkuje ci\u0105g\u0142o\u015b\u0107 dowodzenia wojskami;

- nale\u017cy planowa\u0107 u\u017cy\u0107cie cz\u0119stotliwo\u015bci podgrup stosownie do ich przeznaczenia /wg kryterium mocy radiostacji/.

Przedstawione możliwości wydzielenia częstotliwości zapasowych oraz wariant ich wykorzystania wskazują, że warunki zapewnienia kompatybilności elektromagnetycznej w strefie dalekiej na falach zapasowych są gorsze w porównaniu z uzyskiwanymi na częstotliwościach roboczych. Podstawową przyczyną takiego stanu jest zmniejszanie się odległości pomiędzy relacjami radiowymi wykorzystującymi równocześnie fale robocze i zapasowe.

Przykładowe zestawienie odległości pomiędzy relacjami radiowymi wykorzystującymi identyczne częstotliwości przedstawia tabela 4.13:

Tabela 4.13.

Typ r/st.	Gr. częstotliwości	Odległości obliczeniowe /km/		Odległość przy pracy na częstotliwościach roboczych /rys.4.19/ /km/	Odległość przy równoczesnej pracy na częstotliwościach roboczych i zapasowych /rys.4.20/ /km/
		$d_k$	$2 d_u$		
R/st.o mocy 1 W	1,2,3,4,15	35	24	60	40
R/st.o mocy 20 ÷ 30 W	11,12,13, 14,15 i 16	80	40+60	80	60

Prawdopodobieństwo łączności na falach zapasowych /ciągłości i terminowości/ jest relatywnie niższe w porównaniu z możliwością jego zapewnienia na częstotliwościach roboczych i zależy od entropii<sup>52/</sup> natężenia wykorzystania środków radiowych w skali armii i całego ugrupowania wojsk.

Biorąc pod uwagę, że efektywność dowodzenia w manewrowych działaniach, szczególnie na szczeblach taktycznych i operacyjno-taktycznych, zależy od ciągłości działania środków radiowych, należy dążyć we wszystkich dostępnych środkami do obezwładnienia sił i środków walki radioelektronicznej nieprzyjaciela.

W toku wykorzystania częstotliwości zapasowych ulega ograniczeniu zakres wykorzystania wozów dowodzenia /powietrznych elementów dowodzenia/. Obecnie stosowane "Tablice częstotliwości wzajemnie niez-

52/ Entropia - miara nieokreśloności

klócanych" określają tylko częstotliwości robocze, natomiast nie precyzują sposobów wyznaczania częstotliwości zapasowych /brak jest w tym względzie zaleceń/. Biorąc pod uwagę deficyt częstotliwości radiowych /zwłaszcza w odniesieniu do R-113, K-1 i R-405/ oraz znaczną liczbę wozów dowodzenia będących w wyposażeniu wojsk, stwierdzić należy, iż planowanie zapasowych zestawów częstotliwości jest nierealne.

Wydaje się również mało prawdopodobne równoczesne zakłócenie selektywne wszystkich relacji radiowych organizowanych za pomocą środków zainstalowanych w wozach dowodzenia. Dla większości wozów dowodzenia mogą być planowane pojedyncze częstotliwości zapasowe, których zastosowanie narusza wewnętrzną kompatybilność łączności radiowej w strefie bliskiej. Oznacza to, że w warunkach zakłóceń środki radiowe wozów dowodzenia /powietrznych elementów dowodzenia/ nie będą mogły być wykorzystane równocześnie, lecz tylko przemiennie /kolejno/. Na tle powyższych rozważań wydaje się celowe rozpatrzenie możliwości opracowania "Tablic częstotliwości", zwłaszcza w odniesieniu do WD modernizowanych lub nowo opracowanych, określających nie tylko częstotliwości robocze, lecz również zawierających wskazania odnośnie do stosowania częstotliwości zapasowych.

#### 4.6. Planowanie rozdziału krótkofalowych częstotliwości radiowych

W sieciach /kierunkach/ radiowych organizowanych w skali armii wykorzystywane są następujące środki radiowe:

- radiostacje R-112, dysponujące zakresem częstotliwości 2,8-4,99 MHz /280 fal roboczych co 10 kHz/. Wchodzą one do wyposażenia wozów dowodzenia i wykorzystują anteny prętowe. Za pomocą rst. R-112 łączność jest organizowana przy zastosowaniu fali powierzchniowej;
- radiostacje R-104M, dysponujące zakresem częstotliwości 1,5-4,25 /275 fal roboczych co 10 kHz/, przeznaczone do pracy falą powierzchniową i jonosferyczną;
- radiostacje R-130, dysponujące zakresem częstotliwości 1,5-10,99 MHz /950 fal roboczych co 10 kHz/. Do współpracy z radiostacją R-130 na wozach dowodzenia są zainstalowane anteny prętowe, pionowego promieniowania /quasimagnetyczna/ do pracy w ruchu oraz dipol symetryczny. Za pomocą tych typów anten można organizować łączność przy wykorzystaniu fali powierzchniowej i jonosferycznej. Podstawową zaletą tej radiostacji jest możliwość zapewnienia łączności w ruchu /za pomocą anteny pionowego promieniowania/ na falach jonosferycznych na odległość do 100-200 km z wykorzystaniem jednowstęgowej modulacji amplitudy, umożliwiającej automatyczne utajnianie radiofonicznego kanału krótkofalowego;

- radiostacje typu R-118, dysponujące zakresem częstotliwości 1,7,5 MHz /6501 fal roboczych przy modulacji amplitudy co 1 kHz oraz 2875 fal roboczych przy manipulacji częstotliwości co 1,2 i 4 kHz w zależności od wykorzystywanego zakresu częstotliwości/. Do organizacji łączności mogą być wykorzystywane następujące odmiany radiostacji typu R-118:

1/ R-118 BMZ - przeznaczona do pracy za pomocą fali powierzchniowej w ruchu /do 30 km/ i na postoju oraz fali jonosferycznej wyłącznie na postoju;

2/ R-118K wyposażona w małogabarytową antenę pionowego promieniowania do pracy w ruchu za pomocą fali jonosferycznej na odległość do 150±200 km;

3/ R-118R przeznaczona do współpracy z radiostacjami R-305M, w wojskach rozpoznawczych oraz desantowych, przystosowana do pracy za pomocą urządzeń szybkiej telegrafii i wykorzystywane do łączności na falach jonosferycznych.

- radiostacja R-140, dysponująca zakresem częstotliwości 1,5±30 MHz /285 tysięcy fal roboczych z odstępem co 100 HZ/. Podstawowymi zaletami tej radiostacji są:

1/ duży zasięg łączności w ruchu wynoszący 200±300 km przy wykorzystaniu małogabarytowej anteny pionowego promieniowania do pracy falą jonosferyczną;

2/ 10 zawczasu przygotowanych częstotliwości przełączanych w ciągu ok. 30 sekund;

3/ zastosowanie modulacji jednowstęgowej, umożliwiającej stosowanie automatycznego utajniania radiofonicznych kanałów krótkofalowych.

Przy użyciu wymienionych typów radiostacji krótkofalowa łączność radiowa jest organizowana za pomocą fal powierzchniowej lub jonosferycznej i powierzchniowej. Przyporządkowanie poszczególnych sieci radiowych do wyżej wymienionych dwóch typów propagacji fal wynika z następujących przesłanek:

- zapewnienia optymalnych warunków pracy relacji radiowych, wykorzystujących falę jonosferyczną poprzez ograniczenie liczby tego typu relacji;

- racjonalność stosowania na małych odległościach fali powierzchniowej ze względu na możliwości zapewnienia bardziej stabilnej łączności w porównaniu z uzyskiwaną na falach jonosferycznych;

- możliwości stosowania wyłącznie fali powierzchniowej /np. na radiostacjach R-112/.

W armii o typowym składzie /5 dywizji/ może być zorganizowanych na falach krótkich około 200 relacji radiowych, w tym:

- 90 relacji, wykorzystujących wyłącznie falę powierzchniową;
- 110 relacji, wykorzystujących falę jonosferyczną lub powierzchniową.

Zestawienie krótkofalowych relacji radiowych organizowanych w skali armii przedstawia tabela 4.14.

Tabela 4.14.

Szczebel organizacyjny	DZ	DZ-4	DPanc	Armia oraz oddziały i związki armijne	łączne potrzeby
Rodzaj stosowanych fal					
Relacje radiowe KF wykorzystujące falę powierzchniową	10	40	10	40	90
Relacje radiowe KF wykorzystujące falę jonosferyczną lub powierzchniową	10	40	10	60	110
łącznie	20	80	20	100	200

W punkcie 4.3. zostało wykazane, że ustalanie odległości koordynacyjnych dla krótkofalowych relacji radiowych jest sprawą wysoce złożoną i niemożliwą do realizacji w wysoce zvariantowanym zastosowaniu łączności radiowej w działaniach bojowych. Zapewnienie kompatybilności krótkofalowych relacji radiowych jest osiągalne w wyniku stosowania koordynacji czasowej w wypadkach wykorzystania identycznych częstotliwości radiowych w strefie dalekiej /na obecnym etapie metodami organizacyjnymi i w perspektywie poprzez stosowanie samoadaptacyjnych linii radiowych/.

W związku z tym możliwość zaspokojenia potrzeb krótkofalowych częstotliwości radiowych w skali armii zostanie rozpatrzona w wyniku oceny zajętości krótkofalowego pasma częstotliwości radiowych przez armijne relacje radiowe.

Do pracy falą powierzchniową, jak zostało wykazane w punkcie 4.2., najbardziej przydatne są najniższe częstotliwości radiowe /najdłuższe fale radiowe/. Na wyższych częstotliwościach zasięg łączności przy wykorzystaniu fali przyziemnej ulega znacznemu ograniczeniu, po-

nieważ niewspółmiernie wzrasta tłumienie natężenia pola elektromagnetycznego. Największe zasięgi uzyskuje się w przedziale częstotliwości 1÷3 MHz, a w miarę użyteczne zasięgi można uzyskać na częstotliwościach do 5 MHz /rest. R-112 wykorzystuje pasmo 2,88÷4,99 MHz/.

Stosując pasmo częstotliwości 1÷5 MHz do pracy za pomocą fali przyziemnej, należy mieć jednak na uwadze następujące okoliczności:

- oddziaływanie radiofonii średniofalowej w zakresie 1-1,6 MHz na pracę armijnych relacji radiowych, szczególnie w godzinach nocnych<sup>53/</sup>;
- wykorzystanie do pracy falą przyziemną pasma częstotliwości 2,5÷5 MHz ogranicza możliwości wykorzystania w nocy i częściowo w dzień tych częstotliwości do pracy za pomocą fal jonosferycznych na małych odległościach /do 200 km/.

Reasumując, do pracy relacji radiowych wykorzystujących falę przyziemną można zająć łącznie w zakresie częstotliwości 1÷5 MHz pasmo o łącznej szerokości 2÷2,5 MHz, rezerwując pozostałą część zakresu do pracy relacji radiowych za pomocą fali jonosferycznej.

Do pracy falą powierzchniową będą stosowane przede wszystkim radiostacje starszej generacji typu R-118, R-104 i R-112. Podstawowym rodzajem emisji w omawianych relacjach jest dwuwzętęgowa praca fonem / $A_3$  - szerokość pasma emisji 6 kHz/ i tylko nieznaczny procent /około 10%/ sieci /kierunków/ radiowych będzie stosować pracę telegraficzną / $A_1$  - manipulacja amplitudy - szerokość pasma emisji 200 Hz, lub  $F_1$  - manipulacja częstotliwości - szerokość pasma emisji 1 kHz/. Szerokość zajmowanego pasma częstotliwości przez armijne sieci i kierunki radiowe można ocenić ze wzoru:

$$\Delta f = N(\Delta F_{A3} \cdot P_1 \cdot \Delta F_{F1} \cdot P_2)$$

- gdzie: -  $\Delta f$  - szerokość pasma emisji zajmowanego przez wszystkie sieci /kierunki/ radiowe armii;
- $N$  - liczba relacji radiowych / $N=90$ /;
- $\Delta F_{A3}$  - szerokość pasma emisji przy dwuwzętęgowej modulacji amplitudy -  $A_3 / F_{A3} = 6$  kHz/;

53/ W dzień wskutek dużego tłumienia fal odbitych przez warstwę "D" w zakresie częstotliwości średniofalowych zakłócenia mogą pochodzić wyłącznie od lokalnych nadajników radiofonii średniofalowej /połączonych w promieniu 200 km/. W nocy warstwa "D" zanika i fale odbite w zakresie częstotliwości średniofalowych dochodzą nietłumione z dużych odległości, ograniczając efektywność pracy radiostacji wojakowych /zjawisko to można zaobserwować w odbiorniku radiofonicznym w ten sposób, że w dzień można odbierać tylko lokalne stacje radiofoniczne, natomiast w nocy dużą liczbę stacji odległych/.

- $P_1$  - procent relacji pracujących emisją  $A_3$  /dla 90% relacji  $p_1 = 0,9/$ ;
- $\Delta F_{F1}$  - szerokość pasma emisji przy manipulacji częstotliwości / $F_{F1} = 1 \text{ kHz}/$ ;
- $p_2$  - procent relacji pracujących emisją  $F_1$  /dla 10% relacji  $p_2 = 0,1/$ .

Podstawiając do wzoru wielkości absolutne, można ustalić szerokość zajmowanego pasma częstotliwości przez armijne relacje radiowe wykorzystujące fale powierzchniowe. Może ono obejmować pasmo o szerokości 0,5 MHz:

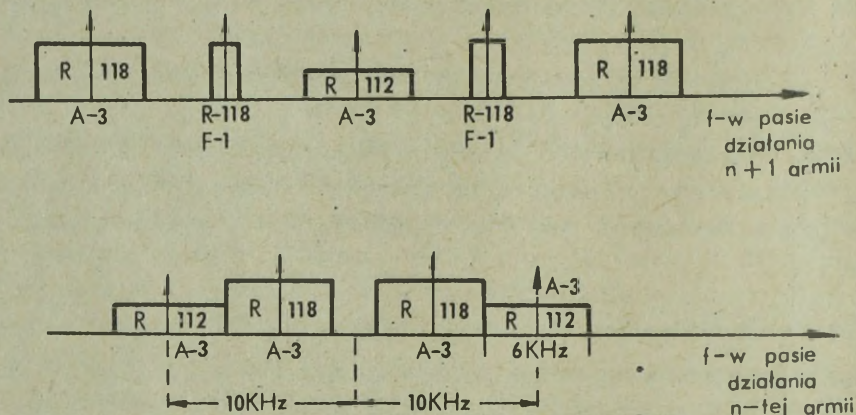
$$\Delta f = 90 / 6 \text{ kHz} \cdot 0,9 + 1 \text{ kHz} \cdot 0,1 / \approx 0,5 \text{ MHz}.$$

Jeśli uwzględnić potrzebę wydzielenia częstotliwości zapasowych w granicach 30±50% częstotliwości roboczych /30±45 częstotliwości zapasowych/, łącznie relacje radiowe armii zajmą pasmo o szerokości 0,7 MHz, tj. trzecią część pasma zarezerwowanego w skali ugrupowania wojsk do pracy za pomocą fali powierzchniowej /2±2,5 MHz/. Jest to maksymalna liczba częstotliwości, jaka może być przydzielona armii w najbardziej użytecznym paśmie częstotliwości do pracy środków radiowych, biorąc pod uwagę, że w składzie frontu mogą prowadzić działania 3-4 armie ogólnowojskowe, armia pancerna i lotnicza.

Przy ocenie szerokości zajmowanego pasma częstotliwości przez armijne relacje radiowe stosujące fale powierzchniowe przyjęto założenie, że poszczególne relacje wykorzystują przylegające do siebie pasma emisji, a nawet częściowo nakładające się i odpowiednio zbliżone częstotliwości nośne, niezależnie od możliwości determinowanych dyspozycyjnością siatki częstotliwości poszczególnych radiostacji /odstępów fal nośnych co 1,2,4 i 10 kHz/.

Na rysunku 4.23 przedstawiono wariant wyznaczania częstotliwości radiowych przy wykorzystaniu radiostacji typu R-112 i R-118 do pracy emisją  $A_3$ . Zaletą tego wariantu jest maksymalne wykorzystanie pasma częstotliwości. Niewykorzystane przedziały częstotliwości radiostacji R-112 w pasie działania jednej armii są stosowane w innej armii do łączności za pomocą radiostacji R-118. Niedostateczne zagęszczenie siatki częstotliwości radiostacji R-112 /co 10 kHz/ jest kompensowane możliwościami dowolnego wyznaczenia odstępów częstotliwości /co 1 kHz/ przy stosowaniu radiostacji R-118.

Do pracy falą jonosferyczną nadaje się częstotliwości radiowe ze ściśle ograniczonego pasma fal radiowych /zagadnienie powyższe omówiono w punkcie 4.2.4./.



Rys.4.23. Wariant wyznaczania częstotliwości w zakresie krótkofalowym

Dla tras łączności stosowanych w skali armii o długościach nie przekraczających odległości 150÷200 km szerokość pasma częstotliwości do pracy falą jonosferyczną, wyznaczonych częstotliwościami LUF i FOT, może wahać się w granicach:

- w dzień od 2 do 3 MHz;
- w nocy od 1,5 do 2,5 MHz.

Na podstawie tych danych można stwierdzić, że istnieje większe prawdopodobieństwo zapewnienia łączności radiowej w skali ugrupowania wojsk w dzień /szersze pasmo częstotliwości/ niż w nocy /relatywnie wąskie pasmo/<sup>54/</sup>.

Z tych ustaleń nasuwa się też wniosek, że w godzinach nocnych należy dążyć do zapewnienia łączności na zasadniczych kierunkach dowodzenia i współdziałania za pomocą innych środków łączności /radio- liniowych, przewodowych i WPP/.

Wykorzystanie innych środków łączności w godzinach nocnych jest tym bardziej możliwe, że z zasady działania bojowe tracą manewrowy charakter i są prowadzone w ograniczonej skali. Częściowa stabilizacja działań bojowych wojsk i rozmieszczenie punktów dowodzenia stwarzają dogodne warunki do prowadzenia rozpoznania radioelektronicznego przez

54/ Ponadto w nocy ze względu na zanik warstwy "D" zmniejsza się tłumienie fal jonosferycznych i wzrastają wzajemne zakłócenia relacji radiowych.

nieprzyjaciela. Dlatego również z tego powodu należy ograniczać wymianę radiową w godzinach nocnych, zachowując jednak jej pełną gotowość do podjęcia pracy. Należy równocześnie w godzinach nocnych zapewnić optymalne warunki /w wyniku doboru częstotliwości pracy/ wykorzystania sieci /kierunków/ radiowych organów rozpoznawczych, wojsk OPL, wojsk rakietowych i współdziałania z lotnictwem.

Średnio szerokość pasma częstotliwości do pracy na falach jonosferycznych pomiędzy LUF i FOT dla odległości do 200 km i radiostacji średniej mocy może wahać się w granicach  $2 \pm 2,5$  MHz.

Uwzględniając częściową zajętość pasma częstotliwości przewidzianego do pracy falą jonosferyczną przez relacje radiowe stosujące fale przyziemne /R-112/, można przyjąć, że do rozdziału częstotliwości pozostanie pasmo o szerokości około 2 MHz.

Do przeprowadzenia oceny możliwości wyznaczenia krótkofalowych częstotliwości do pracy za pomocą fali jonosferycznej przyjęto, że w ramach 110 relacji armijnych pracują:

- 60% relacji radiowych, wykorzystujących radiostacje R-118 oraz emisję dwuwstęgową do pracy fonicznej /typu  $A_3$  o szerokości pasma emisji 6 kHz/, tzn.  $p_1 = 0,6$  i  $F_{A3} = 6$  kHz;

- 30% relacji radiowych, wykorzystujących radiostacje R-140 i R-130 oraz emisję jednowstęgową do pracy fonicznej /typu  $A_{3J}$  o szerokości pasma emisji 4 kHz/, tzn.  $p_2 = 0,3$  i  $\Delta F_{A_{3J}} = 4$  kHz;

- 10% relacji radiowych, stosujących wyłącznie pracę telegraficzną /emisji typu  $A_1$  i  $F_1$ /, tzn.  $p_3 = 0,1$  i  $F_{F1} = 1$  kHz.

Szerokość zajmowanego pasma częstotliwości przez 110 armijnych relacji radiowych, wykorzystujących fale jonosferyczne, wyniesie ponad 0,5 MHz:

$$\Delta = 110 /6_{\text{kHz}} \cdot 0,6 + 4 \text{ kHz} \cdot 0,3 + 1 \text{ kHz} \cdot 0,1/ = 0,54 \text{ MHz}$$

Jeśli uwzględnić potrzebę wydzielenia częstotliwości zapasowych w granicach 30% częstotliwości roboczych /około 35 częstotliwości/, armijne relacje radiowe zajmą łącznie pasmo o szerokości 0,75 MHz, tj. 1/3 pasma przeznaczanego do pracy środków radiowych za pomocą fali jonosferycznej w pasie działania frontu.

Biorąc pod uwagę potrzeby innych armii i frontu, należy uznać przedstawioną wielkość zajętości częstotliwości radiowych przez środki radiowe armii za maksymalną.

Planując w skali armii rozdział częstotliwości krótkofalowych do pracy falą powierzchniową i jonosferyczną i ustalając grupy często-

tliwości przydzielane poszczególnym związkom taktycznym armii i wykorzystywane na szczeblu armii, należy typować poszczególne częstotliwości, mając na uwadze konieczność spełnienia następujących wymogów, warunkujących zapewnienie wewnętrznej kompatybilności relacji radiowych w strefie bliskiej /na węzłach łączności, w WD i PED-2/:

1/ wyznaczenie określonych częstotliwości stosownie do liczby wykorzystywanych WD i PED-2 na podstawie "Tablic częstotliwości wzajemnie niezakłócanych".

2/ zachowanie następujących odstępów pomiędzy częstotliwościami przeznaczonymi do stosowania w ramach węzłów łączności:

- 100 kHz - w odniesieniu do relacji pracujących za pomocą środków KF małej mocy /w tym zainstalowanych na poszczególnych WD/;

- 200±300 kHz - w odniesieniu do relacji pracujących za pomocą radiostacji KF średniej mocy /rozwijanych bezpośrednio przy węzłach łączności, np. pracujących za pomocą urządzeń wynośnych/;

- 16±20 kHz - w odniesieniu do relacji pracujących za pomocą środków radiowych KF w układzie centrum odbiorcze - centrum nadawcze.

Ponadto w celu zwiększenia ciągłości działania krótkofalowej łączności radiowej organizowanej za pomocą radiostacji typu R-118, a zwłaszcza R-140, celowe jest wyznaczenie pomocniczych częstotliwości manewru /subfal/ oprócz częstotliwości roboczych /zapasowych/, a w perspektywie stosowanie samoadaptacyjnych linii radiowych /uzasadnienia tej tezy dokonano w punkcie 4.3.3./.

#### 4.7. Zwiększenie efektywności łączności radiowej w wyniku doskonalenia gospodarki falowej

##### 4.7.1. Wstęp

Rola łączności organizowanej na poszczególnych szczeblach dowodzenia jest różna:

- na szczeblach taktycznych w manewrowych działaniach środki radiowe spełniają rolę podstawowego środka łączności;

- na szczeblach operacyjnych rola środków radiowych jest w zasadzie drugoplanowa, jakkolwiek w określonych sytuacjach i zastosowaniach mogą stanowić jedyny środek łączności, na przykład łączność z desantem, grupami dywersyjnymi i rozpoznawczymi, przez teren niedostępny /deformacja terenu, skażenia/, w okresie odtwarzania gotowości bojowej wojsk oraz systemu dowodzenia i łączności /na równi ze środkami wojskowej poczty polowej/, a także w relacjach radiodifuzyjnych /sieci powiadamiania, ostrzegania i alarmowania/.

Efektywność łączności radiowej jest determinowana szeregiem czynników:

- wyszkoleniem załóg radiostacji i wozów dowodzenia, zwłaszcza pod względem przygotowania do pracy w warunkach zakłóceń celowych;
- sprawnością techniczną sprzętu i jego nowoczesnością;
- przygotowaniem osób funkcyjnych w zakresie przekazywania wiadomości za pomocą środków radiowych itp.

Należy jednak uznać, że podstawowym warunkiem zapewnienia łączności radiowej jest właściwe wykorzystanie możliwości propagacyjnych fal. Osiąga się go w oparciu o długoterminowe i miesięczne prognozy jonosferyczne oraz oceny wyników bieżącego sondowania jonosfery, a także poprawnie zaplanowany rozdział częstotliwości, uwzględniający całą gamę złożoności zapewnienia kompatybilności elektromagnetycznej.

W pełni merytoryczne planowanie rozdziału częstotliwości radiowych może być zrealizowane wyłącznie poprzez przygotowanie wielowariantowych algorytmów /dostosowanych do różnorodnych sposobów wykorzystania wojsk na współczesnym polu walki/ i wykorzystanie elektronicznych maszyn cyfrowych.

Uzyskanie jednak pożądaných wyników w planowaniu przydziałów częstotliwości za pomocą elektronicznej techniki obliczeniowej wiąże się z koniecznością wprowadzenia limitów liczby relacji radiowych stosowanych na poszczególnych szczeblach dowodzenia, uwzględniających realia techniczno-eksploatacyjne. Projektowanie /planowanie/ rozwoju systemów łączności /organizacji łączności/ powinno objąć badania, określające dopuszczalną liczbę relacji radiowych organizowanych na polu walki.

Ustalenie liczby sieci i kierunków radiowych nie może być jednostronne i dyktowane wyłącznie względami taktyczno-operacyjnymi w zakresie organizacji dowodzenia, współdziałania i kierowania tyłami, lecz powinno obejmować całokształt czynników warunkujących poprawną pracę łączności radiowej.

Przeprowadzone w niniejszym opracowaniu analizy pozwalają dokonać oceny liczby relacji radiowych organizowanych w skali armii z punktu widzenia kryteriów techniczno-eksploatacyjnych, mogących stanowić podstawę do planowania perepektywicznych systemów łączności odpowiednio w krótkofalowym i ultrakrótkofalowym zakresie częstotliwości.

Ponadto w ocenach uwzględnia się wyniki obserwacji wykorzystania łączności radiowej w różnych ćwiczeniach.

#### 4.7.2. Ocena techniczno-eksploatacyjna dopuszczalnej liczby krótkofalowych relacji radiowych organizowanych w armii

W celu ustalenia dopuszczalnej liczby krótkofalowych relacji radiowych z punktu widzenia możliwości techniczno-eksploatacyjnych należy przeanalizować następujące parametry wyjściowe:

- szerokość pasma częstotliwości wykorzystywanego do organizacji łączności;
- parametry środków radiowych wykorzystywanych w systemie łączności armii;
- ilość częstotliwości zapasowych niezbędnych do zapewnienia ochrony łączności radiowej przed zakłóceniami celowymi /selektywnymi/ oraz zakłóceniami wzajemnymi pochodzącymi od środków łączności wojsk własnych /np. sąsiedniego frontu/, nieprzyjaciela oraz cywilnych /np. stacji radiofonicznych/;
- stopień jednoczesności wykorzystania armijnych relacji radiowych do przekazywania wiadomości.

Przegląd prognoz jonosferycznych w skali 11 - letniego cyklu aktywności słonecznej oraz rocznych pozwala ustalić średnią wartość najwyższych wartości optymalnych częstotliwości pracy /FOT/, stosowanych w skali armii do zapewnienia łączności radiowej za pomocą fali jonosferycznej na odległości dochodzące do 200 km.

Biorąc pod uwagę, że łączność radiowa jest najintensywniej wykorzystywana w godzinach dziennych /maksymalna aktywność i manewrowość prowadzonych działań bojowych/, średnie wartości optymalnych częstotliwości pracy /FOT/ należy odnieść do warunków dziennych.

Oceny prognoz pozwalają ustalić średnią wartość dziennych FOT - może ona wynosić 5-6,5 MHz. Dolna granica stosowanych częstotliwości w skali armii wyznaczona parametrami radiostacji KF może wynosić 1 lub 1,5 MHz. Oznacza to, że w skali frontu może być wykorzystane przez relacje radiowe pracujące falą powierzchniową i jonosferyczną na odległość do 200 km pasmo o szerokości 4÷5 MHz, tj. około 4,5 MHz. Uwzględniając w składzie frontu cztery armie ogólnowojskowe /jedna pancerna/, armię lotniczą oraz frontowe związki i oddziały, do dyspozycji armii może być wydzielona 1/5 pasma częstotliwości o szerokości:  $\Delta f_A = 0,9$  MHz.

W najbliższych latach w armii mogą być wykorzystane radiostacje o różnych parametrach w następujących proporcjach:

- radiostacje jednowstęgowe - około 60% środków, w tym 20÷30% wyposażonych w samoadaptacyjne linie radiowe, tj.:

$$p_1 = 0,4 \text{ i } p_2 = 0,2 \text{ oraz } \Delta f_{A3J} = 0,4 \text{ kHz};$$

- radiostacje dwuwstęgowe - około 40% środków, tj.:

$$p_3 = 0,4 \text{ i } \Delta A_3 = 6 \text{ kHz.}$$

Należy ponadto zarezerwować pasmo częstotliwości przeznaczone do manewru falami w celu ochrony łączności przed zakłóceniami celowymi i wzajemnymi. Biorąc pod uwagę, że 20% relacji radiowych wyposażonych w samoadaptacyjne linie radiowe zapewni automatyzację przejścia na częstotliwości nie wykorzystane w danym okresie czasu /brak wymiany/, można ograniczyć rezerwację pasma częstotliwości do 20% pasma użytkowego, tj.:  $\Delta_{Rez} = 0,2 \Delta f_A = 0,2 \cdot 0,9 \text{ MHz} = 0,18 \text{ MHz}$ <sup>55/</sup>.

Oceniając uwarunkowania techniczno-eksploatacyjne, w armii przy podanych warunkach dopuszczalne jest organizowanie 150 relacji radiowych krótkofalowych przeznaczonych do pracy falą powierzchniową i jonosferyczną:

$$N = \frac{\Delta f_A - \Delta f_R}{p_1 + p_2 / \Delta f_{A3J} + p_3 \Delta F_{A3}} = \frac{900 \text{ kHz} - 180 \text{ kHz}}{0,4 + 0,2/4 \text{ kHz} + 0,4 \cdot 6 \text{ kHz}} = 150$$

Podaną wielkość 150 relacji radiowych KF organizowanych w skali armii należy traktować jako szacunkowy normatyw ilościowy. Przekroczenie ilości normatywnej obniżyć będzie efektywność krótkofalowej łączności radiowej /zwłaszcza pod względem zapewnienia terminowości obiegu wiadomości/.

#### 4.7.3. Ocena możliwości techniczno-eksploatacyjnych organizacji łączności ultrakrótkofalowej za pomocą stosowanych radiostacji małej mocy i perspektywicznych

Najtrudniejsze warunki wykorzystania częstotliwości radiowych i zapewnienia kompatybilności elektromagnetycznej występują w okresie wprowadzania armii drugiego rzutu frontu w pasie działania armii pierwszego rzutu /rysunek 4.21/. W podanej sytuacji operacyjnej odległości koordynacyjne pomiędzy relacjami radiowymi występują w dużej dysproporcji w stosunku do parametrów przestrzennych ugrupowań armijnych. Sytuacja ta stanowi kryterium wykorzystania środków radiowych z punktu widzenia zapewnienia kompatybilności elektromagnetycznej w strefie dalekiej. Rozwiązanie tego problemu może być zrealizowane w wyniku wprowadzenia do wyposażenia wojska perspektywicznych radiostacji UKF.

55/ Samoadaptacyjne linie radiowe umożliwiają automatyczne wykorzystanie częstotliwości wytypowanych do pracy w innych sieciach radiowych, jeżeli w danym okresie czasu nie jest prowadzona w nich wymiana wiadomości.

Powstaje pytanie, w jakich przedziałach procentowych można zachować w wyposażeniu wojsk radiostacje UKF z siatką częstotliwości co 25 kHz /50 kHz/ oraz w jakiej skali zachodzi potrzeba wdrożenia do wojsk perspektywicznych radiostacji z siatką częstotliwości co 1 kHz z nowymi zakresami częstotliwości?

W punkcie 4.5 zostało ustalone, że potrzeby częstotliwości radiowych w skali armii wynoszą ok. 1100±1200 fal, przy czym przy zastosowaniu radiostacji UKF z siatką częstotliwości co 25 kHz /50 kHz/ wykorzystywane są następujące typy relacji radiowych:

- około 35% relacji radiowych wykorzystuje propagację fal powierzchniowych i radiostacje o mocy 1 W / $p_1 = 0,35$ /;
- około 55% relacji radiowych wykorzystuje propagację fal powierzchniowych i radiostacje o mocy 20-30 W / $p_2 = 0,55$ /;
- około 10% relacji radiowych wykorzystuje propagację fal przyziemnych typu ogólnego oraz radiostacje o mocy 75 W / $p_3 = 0,1$ /.

Za pomocą radiostacji UKF z siatką częstotliwości co 25 kHz z 1281 częstotliwości roboczych można wydzielić następującą ilość częstotliwości dla poszczególnych armii, działających w jednym pasie /I i II - rzutowa/:

Zestaw	Ilość wydzielonych częstotliwości do zestawu $n = 1281 \cdot p$	Możliwość powtórzenia częstotliwości w armiach działających w jednym pasie	Liczba zestawów dla 2 armii z uwzględnieniem częstotliwości zapasowych i odległości koordynacyjnych	Możliwa ilość wydzielanych częstotliwości roboczych dla jednej armii	Liczba relacji radiowych organizowanych w jednej armii
$P_1$	$n_1 = 1281 \cdot p_1 =$ $1281 \cdot 0,35 =$ $= 448$	w nieznacznej skali $/d_k = 35 \text{ km}/$	2,2	$i_1 = \frac{n_1}{2,2} =$ $= \frac{448}{2,2} = 203$	200±210
$P_2$	$n_2 = 1281 \cdot p_2 =$ $1281 \cdot 0,55 =$ $= 704$	brak możliwości $/d_k = 80 \text{ km}/$	2,4	$i_2 = \frac{n_2}{2,4} =$ $= \frac{704}{2,4} = 293$	290±300
$P_3$	$n_3 = 1281 \cdot p_3 =$ $1281 \cdot 0,1 =$ $= 129$	brak możliwości nie tylko w dwóch armiach, ale również w sąsiednich $/d_k = 170 \text{ km}/$	8	$i_3 = \frac{n_3}{8} =$ $= \frac{129}{8} = 16$	15±20
łącznie					505±530

Przy uwzględnieniu, że w jednej armii organizowanych jest ponad 1100 relacji radiowych UKF, za pomocą radiostacji UKF z siatką częstotliwości co 25 kHz można zorganizować w omawianej sytuacji operacyjnej kompatybilną łączność radiową tylko w około 500 relacjach. Na tej podstawie można wnioskować, w jakiej skali jest niezbędne przebrojenie wojsk armii w radiostacje nowego typu. Powinno ono obejmować 50-60% relacji radiowych organizowanych w skali armii.

Za pomocą radiostacji UKF nowego typu, z siatką częstotliwości co 1 kHz w zakresie 30-76 MHz, przy równoczesnym wykorzystaniu radiostacji i stacji radioliniowych obecnego parku, można planować wykorzystanie ponad 2700 częstotliwości radiowych, tj.:

- w zakresie 30-52 MHz /pasmo wspólnie użytkowane przez radiostacje nowego parku i obecnie stosowane /ponad 800 częstotliwości, planowanych pomiędzy odstępami co 25 kHz;

- w zakresie 52-70 MHz /pasmo wykorzystywane wyłącznie przez r/stacje nowego parku/ przy planowaniu częstotliwości co 10 kHz /szerokość pasma emisji  $F_3$  - 10 kHz/ - 1800 częstotliwości;

- w zakresie 70-76 MHz /pasmo wykorzystywane przez radiostacje nowego parku i stacje radioliniowe R-405 i R-409/ - około 100 częstotliwości.

Oznacza to, że za pomocą tej liczby fal można dokonać kompatybilnego przydziału częstotliwości radiowych dla 600 relacji radiowych w trzech armiach /po 900 częstotliwości, tj. 600 roboczych i 300 zapasowych/, działających na głównym kierunku uderzenia frontu.

Zwiększenie efektywności ultrakrótkofalowej łączności radiowej z punktu widzenia zapewnienia kompatybilnego rozdziału częstotliwości radiowych można osiągnąć w wyniku zmian w wyposażeniu wojsk w radiostacje, polegających na wdrożeniu około 50-60 % nowych typów radiostacji i zachowaniu w granicach 40-50% radiostacji obecnego parku, wycofując z wojsk przede wszystkim radiostacje starszej generacji /R-113, R-105, R-108 i R-109/.

## Rozdział 5

### WYKORZYSTANIE ANTEN W WOJSKOWYCH URZĄDZENIACH NADAWCZYCH I ODBIORCZYCH

#### 5.1. Wstęp

##### 5.1.1. Urządzenia antenowe

Urządzenia antenowe spełniają ważną rolę w łączności radiowej, a mianowicie:

- przekazują energię elektryczną nadajnika do wolnej przestrzeni w postaci energii pola elektromagnetycznego;

- pobierają z wolnej przestrzeni energię pola elektromagnetycznego i przekazują ją do odbiorników.

Urządzenie antenowe składa się zazwyczaj z:

- a/ anteny właściwej wraz z konstrukcją nośną, jak maszty i odciągi, a także mechanizmem służącym do optymalnego ustawienia położenia anteny;
- b/ linii łączącej /tor łączący, prowadnica falowa, fider/;
- c/ elementów pomocniczych /obwody dopasowujące, symetryzujące, przełączniki, złącza/;
- d/ wyposażenia dodatkowego /urządzenie pomiarowo-kontrolne, zabezpieczenie, uziemienie itp./.

##### 5.1.2. Klasyfikacja anten

Stosowanych jest kilka kryteriów podziału anten. Do podstawowych wykorzystywanych w praktyce należą:

- a/ kryterium podziału według przeznaczenia;
- b/ kryterium podziału według charakterystyki promieniowania;
- c/ kryterium podziału według sposobu promieniowania energii elektromagnetycznej.

Według przeznaczenia anteny dzielą się na:

- anteny nadawcze /do łączności na postoju i w ruchu/;
- anteny odbiorcze /do łączności na postoju i w ruchu/;
- anteny nadawczo-odbiorcze.

Ze względu na zasadę wzajemności wystarczy zapoznać się z właściwościami jednej grupy /np. anten nadawczych/, by zagadnienie drugiej grupy zostało wyczerpane /odpowiednio - anten odbiorczych/.

Ze względu na charakterystykę promieniowania anteny dzielą się na dwie grupy:

- anteny dookólne /dookólnego promieniowania/;
- anteny kierunkowe /kierunkowego promieniowania/<sup>56/</sup>.

Stosując kryterium sposobu promieniowania, rozróżnia się trzy grupy anten:

- anteny liniowe, mające postać przewodu lub układu przewodów o długości /l/ znacznie większej od wymiarów poprzecznych /d/. Zwykle dla anten tych stosunek długości fali promieniowanej do średnicy przewodu /d/ jest większy od 1000. Charakterystyka promieniowania wynika z gęstości rozkładu prądu na przewodzie./np. anteny dipolowe, rombowa itp./;

- anteny aperturowe, wyróżniające się powierzchnią - aperturą, w obrębie której następuje przekazywanie energii między linią zasilającą a nieograniczoną przestrzenią propagacji. Wymiary obramowujące aperturę są znacznie większe od długości fali. Typowe dla tej grupy są anteny reflektorowe /np. w stacji radioliniowej R-404M/;

- anteny z falą powierzchniową, w których zasadniczą rolę podczas promieniowania odgrywa fala powierzchniowa, przesuwająca się wzdłuż powierzchni anteny. Typowym przykładem tej grupy są anteny typu YAGI /długa/ i anteny dielektryczne.

Anteny można łączyć w układy antenowe, nazywane także szukami antenowymi, dzięki czemu uzyskujemy układy o zyskach większych niż są osiągalne w antenie pojedynczej.

### 5.1.3. Powstawanie fali elektromagnetycznej

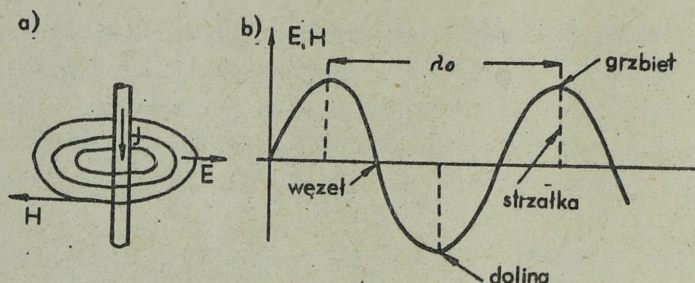
W otoczeniu przewodnika z prądem  $I$  wywołanym napięciem  $U$  występuje pole magnetyczne o natężeniu  $H$  i elektryczne o natężeniu  $E$ . Linie pola magnetycznego  $H$  przewodnika o przekroju kołowym tworzą okręgi obejmujące ten przewód, leżące w płaszczyźnie prostopadłej do osi przewodu. Pola magnetyczne i elektryczne w otoczeniu przewodnika oraz umowny obraz fali płaskiej w próżni przedstawia rysunek 5.1.

Linie pola elektrycznego  $E$  są prostopadłe do linii pola magnetycznego  $H$  i leżą w płaszczyznach prostopadłych do osi wzdłużnej przewodu.

Zmiana natężenia prądu w czasie powoduje zmianę wartości pola elektrycznego i magnetycznego w czasie.

Zmieniające się jednocześnie pole elektryczne i magnetyczne tworzy

-----  
56/ W łączności z określonym korespondentem ze względu na zakłócenia zazwyczaj większe efekty daje zwiększenie kierunkowości anteny nadawczej niż odbiorczej. Korzyści z dużej kierunkowości anten odbiorczych występują tylko w wypadku silnych bocznych zakłóceń lub przy odbiorze sygnałów na poziomie szumów.



Rys.5.1. a/ Pole elektryczne  $E$  i magnetyczne  $H$  w otoczeniu przewodnika; b/ Umowny obraz fali płaskiej.

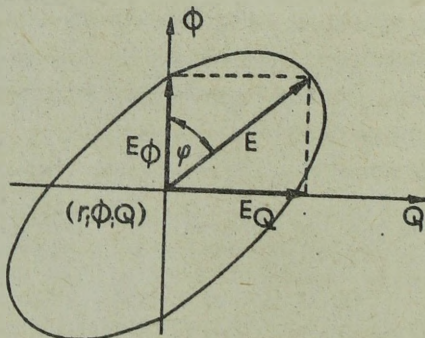
w otoczeniu przewodnika tzw. pole elektromagnetyczne /wokół przewodu anteny/. Zmiany pola elektromagnetycznego rozprzestrzeniają się z prędkością  $V$ , tworząc tzw. falę elektromagnetyczną.

Falę elektromagnetyczną charakteryzuje:

a/ promień - linia, wzdłuż której rozprzestrzenia się fala elektromagnetyczna. W większości wypadków w pobliżu ziemi, szczególnie w zakresie fal krótkich, promień fali elektromagnetycznej jest linią krzywą;

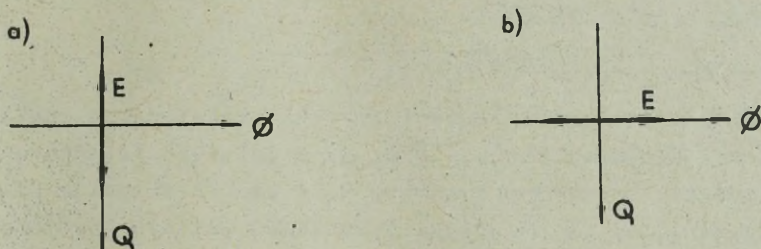
b/ czoło fali - miejsce geometryczne punktów fali elektromagnetycznej o tej samej fazie. W fali płaskiej będzie to płaszczyzna, w fali kulistej wycinek czaszy kulistej;

c/ polaryzacja - położenie wektora pola elektrycznego  $E$  w stosunku do promienia. W przypadku ogólnym wektor  $E$  wiruje w przestrzeni zmieniając równocześnie swoją amplitudę. Koniec wektora zakreśla elipsę pokazaną na rysunku 5.2.



Rys.5.2. Eliptyczna polaryzacja fali elektromagnetycznej

W wypadku gdy jedna ze składowych pola elektrycznego  $E$  lub  $E_q$  jest równe zeru, fala elektromagnetyczna ma polaryzację pionową lub poziomą. Polaryzację poziomą i pionową przedstawia rysunek 5.3.



Rys.5.3. a/ Polaryzacja pionowa fali elektromagnetycznej;  
b/ Polaryzacja pozioma fali elektromagnetycznej.

Falę spolaryzowaną pionowo wytwarza dipol pionowy, falę spolaryzowaną poziomo - dipol poziomo umieszczony nad ziemią.

#### 5.1.4. Energia pola elektromagnetycznego

Energia elektryczna wytwarzana przez falę elektromagnetyczną w antenie odbiorczej zależy od natężeń pól elektrycznego i magnetycznego w punkcie umieszczenia tej anteny. Przy określaniu właściwości energetycznych fal elektromagnetycznych stosuje się wektor Umowa-Poyntinga.

$$\vec{P} = \vec{E} \times \vec{H}$$

będący iloczynem wektorowym natężenia pola elektrycznego i magnetycznego.

Z powyższego wzoru oraz zależności  $E = 120\pi H$ , wynika, że do określenia wartości siły elektromotorycznej indukowanej w antenie odbiorczej wystarczająca jest znajomość jednej z wielkości  $E$  lub  $H$ . W praktyce wyznacza się tylko natężenie pola elektrycznego  $E$ . Źródła izotropowe /antena punktowa/ o mocy  $P_N$ /kW/ wytwarza w wolnej przestrzeni w odległości  $r$ /km/ natężenie pola  $E$  /w V/m/ o wartości skutecznej:

$$E_{SK} = \frac{\sqrt{30 P_N}}{r}$$

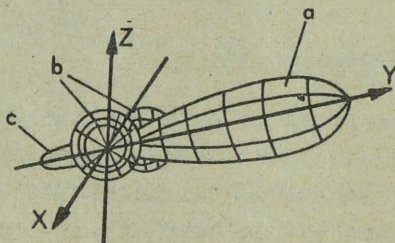
Ponieważ praktycznie nie istnieje antena izotropowa, natężenie pola

E zależało będzie od parametrów anteny nadawczej /kierunkowości, sprawności energetycznej/, umieszczenia jej w stosunku do ziemi i przedmiotów terenowych oraz właściwości trasy, po której rozprzeetrzenia się fala elektromagnetyczna /właściwości ośrodka oraz występujących przeszkód/.

## 5.2. Wybrane elementy z teorii anten

### 5.2.1. Charakterystyka promieniowania

Charakterystykę promieniowania anteny określa przestrzenny rozkład natężenia pola promieniowanej energii oraz jego polaryzacja. Charakterystykę tę otrzymujemy, prowadząc z punktu N, w którym znajduje się antena, odcinki o długości odpowiadającej wartości wektora Poyntinga. Otrzymujemy w ten sposób bryłę przedstawiającą przestrzenny rozkład strumienia energii promieniowanej przez antenę. Ten właśnie przestrzenny rozkład strumienia energii nazywa się charakterystyką kierunkowości anteny. Przykład takiej charakterystyki przedstawia rysunek 5.4.



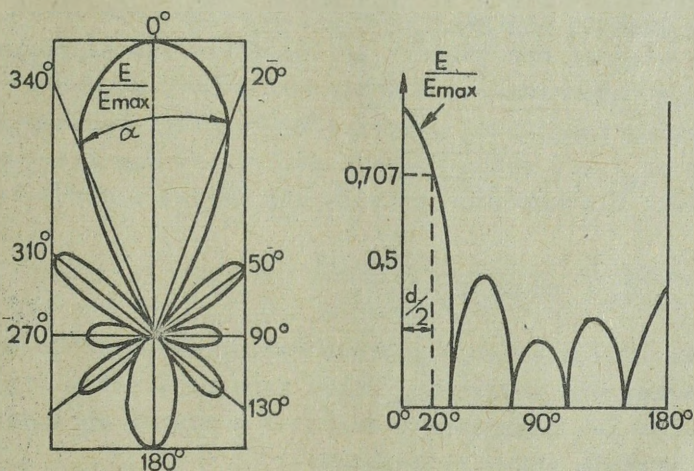
Rys.5.4. Obraz przestrzenny rozkładu gęstości strumienia promieniowania energii - charakterystyka kierunkowości anteny /a. wiązka główna; b. wiązki boczne; c. wiązka tylna/.

Przestrzenne charakterystyki kierunkowości są mało dogodne. Częściej są używane ich przekroje w odpowiednio dobranych płaszczyznach XY /poziomo/ i XZ /pionowo/, przedstawiane w postaci wykresu kierunkowości w układzie współrzędnych biegunowych lub prostokątnych. Na wykresach, które przedstawia rysunek 5.5. można wyróżnić lietek główny, listki boczne i lietek tylny oraz tzw. kąty zerowe, tj. takie, które wyznaczają kierunki zaniku promieniowania anteny<sup>57/</sup>.

<sup>57/</sup> W antenach rzeczywistych, głównie w wyniku braku pełnej symetrii urządzenia, natężenie pola E w żadnym kierunku nie maleje do zera.

Kąt  $\alpha$  zawarty między kierunkami promieniowania w wiązce głównej, dla których natężenie promieniowania maleje do połowy, nazywamy szerekością wiązki głównej lub kątem połowy mocy - określa ją wartość względna:

$$\frac{P}{P_{\max}} = 0,5 \text{ lub } \frac{E}{E_{\max}} = \sqrt{0,5} = 0,707$$



Rys.5.5. Wykresy kierunkowości anten: a/ biegunowy; b/ prostokątny

W wiążce bocznej promieniowanie w wiążkach bocznych, a także w wiążce tylnej jest niepożądane.

### 5.2.2. Kierunkowość i zysk

Wyidealizowana antena izotropowa zgodnie z definicją promieniuje moc  $P_g$  we wszystkich kierunkach równomiernie. Ta hipotetyczna antena w odległości  $r$  wytwarza gęstość mocy  $P_1$  /wyrażoną w  $W/m^2$ / określoną wektorem Poyntinga:

$$P_1 = \frac{P_g/W/}{4\pi r^2 /m/}$$

gdzie:  $4\pi r^2$  odpowiada powierzchni kuli o promieniu  $r$  otaczającej źródło promieniowania.

Dla anteny rzeczywistej wytwarzana gęstość mocy zależy od kierunku a jej rozkład opisany jest charakterystyką kierunkowości. Właściwości kierunkowe anteny charakteryzuje współczynnik kierunkowy, który okre-

śła, ile razy gęstość przestrzenna mocy w kierunku Q wywołana przez antenę N jest większa od gęstości przestrzennej mocy anteny izotropowej przy tej samej mocy promieniowania  $P_g$  obu anten:

$$D_{1Q} = \frac{P_{\Omega a}}{P_{\Omega 1}} ; \quad 58/$$

Przyjmując kierunek Q zgodny z kierunkiem wiązki głównej, otrzymuje się największą wartość współczynnika kierunkowego nazywaną kierunkowością anteny lub zyskiem kierunkowym  $D_{1Q}$ . Kierunkowość anteny  $/D_1/$  określa, ile razy większą moc odbiera antena odbiorcza napromieniowana przez rzeczywistą antenę nadawczą w stosunku do mocy uzyskanej od napromieniowania anteną izotropową przy założeniu niewystępowania strat i jednakowej mocy  $/P_g/$  obu anten nadawczych, tj. rzeczywistej i izotropowej. W praktyce kierunkowość określa się często w decybelach  $/d_1/$  ze wzoru:

$$d_1 = 10 \lg D_1 ; \quad 59/$$

Wzrost gęstości mocy w punkcie odbioru definiowany kierunkowością  $/D_1/$  anteny nadawczej nie uwzględnia strat występujących w tej antenie. Anteny silnie kierunkowe mają często znacznie obniżoną sprawność, którą niweluje w dużym stopniu efekt kierunkowości.

Sprawnością anteny nazywamy stosunek mocy wypromieniowanej  $/P_g/$  do mocy doprowadzonej do zacisków anteny  $/P_d/$ .

$$\eta = \frac{P_g}{P_d}$$

Zysk energetyczny  $/G_1/$  anteny nadawczej określa skuteczne zwiększenie gęstości mocy promieniowanej w porównaniu z bezstratną anteną izotropową:

$$G_1 = \eta D_1 ;$$

-----  
58/  $P_{\Omega}$  - gęstość przestrzenna mocy, tzn. stosunek promieniowanej mocy  $P_{g\Omega}$  w kącie przestrzennym  $\Omega$  do wartości tego kąta

$$/P_{\Omega} = \frac{P_{g\Omega}}{\Omega}/$$

59/ Przykładowo dipol ćwierćfalowy  $/\lambda/4/$  nad idealnym ekranem posiada  $d_1 = 5,15$  dB a dipol półfalowy  $/\lambda/2/$  nad idealnym ekranem posiada  $d_1 = 8,41$  dB.

### 5.2.3. Długość i powierzchnia skuteczna anteny

Siła elektromotoryczna  $/E_s/$  indukowana w antenie, na którą pada fala płaska, zależy od natężenia pola elektromagnetycznego padającej fali, kierunku jej przychodzenia, polaryzacji i skutecznej długości anteny.

Długością skuteczną anteny /wyrażoną w m/ nazywa się stosunek siły elektromotorycznej  $E_s$  /mV/ wzbudzonej w antenie do natężenia pola w miejscu odbioru  $E$  /w mV/m/:

$$L_{SK} = \frac{E_s}{E}$$

Długość skuteczna anteny zależy od zysku i rezystancji wejściowej anteny  $/R_A/$ :

$$L_{SK} = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{G \frac{R_A}{73,1}}$$

Znając długość skuteczną anteny dopasowanej do odbiornika, możemy wyliczyć napięcie  $/U_A/$  na jej zaciskach ze wzoru:

$$U_A = \frac{1}{2} L_{SK} E$$

Długość skuteczna anteny jest wielkością umowną i nie ma bezpośredniego związku z długością fizyczną anteny. Dla dipola półfalowego

$$L_{SK} = \frac{\lambda}{\pi}$$

Moc przechwycona przez antenę odbiorczą zależy od jej umownie przyjętej powierzchni zwanej aperturą.

Aperturą skuteczną  $/A_{SK}/$  anteny nazywa się stosunek mocy dostarczonej do odbiornika  $/P_o/$  do gęstości mocy  $/P/$  określonej wzorem

$$P = \frac{GP}{4\pi r^2}$$

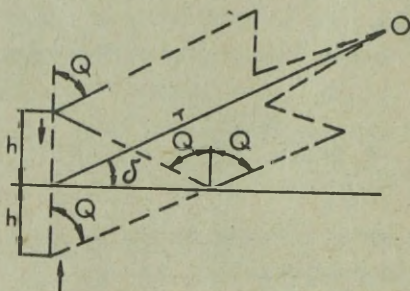
$$A_{SK} = \frac{P_o}{P}$$

Jeżeli antena jest bezstratna, to apertura posiada wartość maksymalną  $A_{SKm}$ . Stosunek wartości apertury skutecznej do  $A_{SKm}$  jest nazwany współczynnikiem wykorzystania apertury. Jest on równy jedności tylko w warunkach idealnej anteny, natomiast w dobrych antenach rzeczywistych  $\alpha_s = 0,7 \div 0,8$ .

W antenach aperturowych /wymienionych we wstępie stosuje się ponadto pojęcie apertury fizycznej  $/A_f/$  będącej fizycznym przekrojem anteny /otwarcie reflektora parabolicznego/ wyrażonym w  $m^2$ .

#### 5.2.4. Wpływ ziemi na charakterystykę anteny

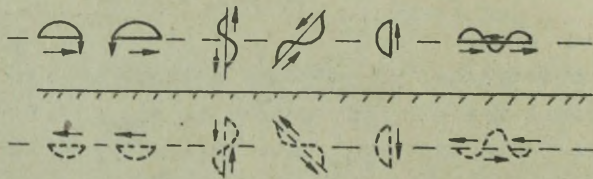
Większość anten znajduje się na tak niewielkiej wysokości nad ziemią, że jej wpływu nie można pominąć. Oddziaływanie ziemi wynika z płynących w niej prądów indukowanych przez antenę. Rozkład tych prądów zależy od rodzaju anteny, wysokości jej zawieszenia, częstotliwości oraz parametrów elektrycznych ziemi. Wpływ ziemi w wypadku umieszczenia nad nią dipola półfalowego ilustruje rysunek 5.6.



Rys.5.6. Składanie się fali bezpośredniej i odbitej przy polaryzacji pionowej

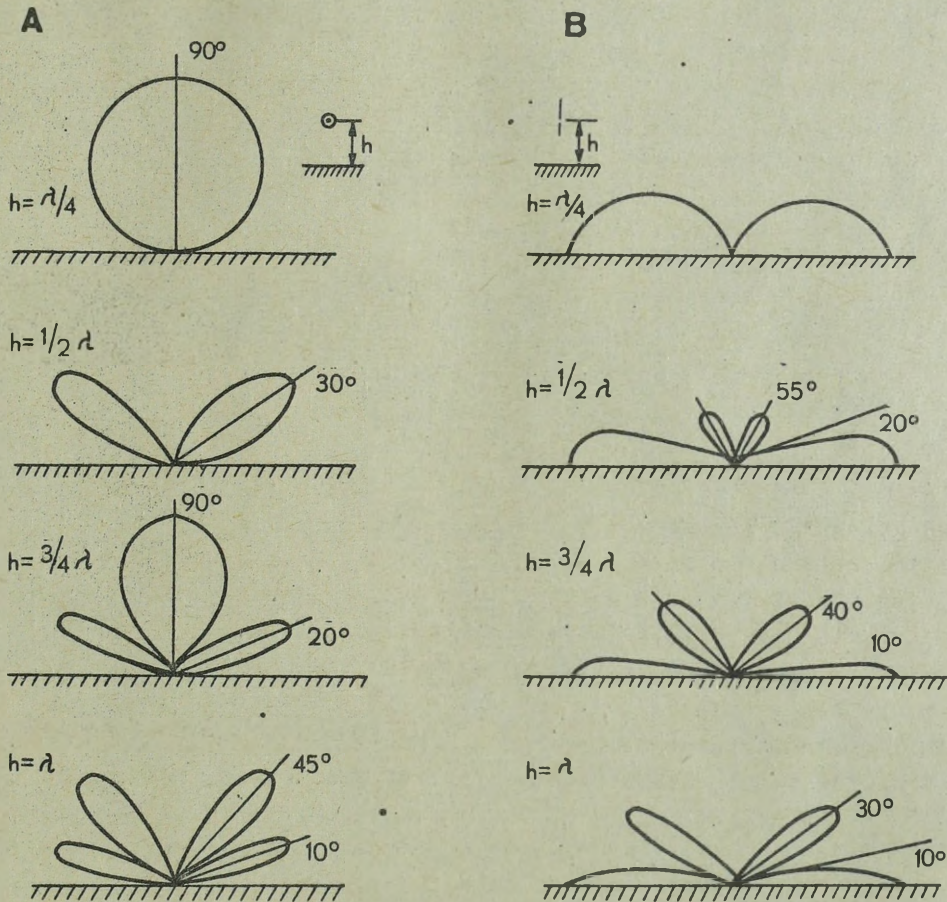
W wypadku umieszczenia dipola półfalowego nad powierzchnią ziemi pole elektromagnetyczne w odległym punkcie  $O$  będzie sumą dwóch fal, tj. pola fali bezpośredniej i pola fali odbitej od powierzchni ziemi. Wpływ ziemi można tu zastąpić zwierciadlanym odbiciem anteny z prądem przesuniętym o  $180^\circ$  w stosunku do prądu w antenie.

Układ anteny nad ziemią /zakładamy ziemię doskonałą - płaską, nieograniczoną i doskonale przewodzącą/ może być więc rozpatrywany jako układ dwóch dipoli w odległości  $2h$  zasilanych w przeciwfazie /rys.5.7./



Rys.5.7. Dipol i jego lustrzane odbicie

Charakterystykę kierunkowości dipola półfalowego poziomego i pionowego w zależności od wysokości nad ziemią /doskonałą/ przedstawia rys. 5.8.



Rys. 5.8. Wykresy kierunkowości dipola półfalowego poziomego /A/ i pionowego /B/ przy różnych wysokościach nad idealną ziemią

### 5.3. Anteny radiostacji krótkofalowych

#### 5.3.1. Zagadnienia wstępne

Wśród wielu odmian anten zakresu KF niektóre z nich niewiele różnią się między sobą. W antenach takich różnice polegają głównie na odmiennym rozwiązaniu geometrycznym lub mechanicznym, a także różnych sposobach zasilania.

Można je klasyfikować w różny sposób, np. dokonać podziału na anteny proste i wieloelementowe lub anteny szerokokątne i kierunkowe, albo też anteny jedno- i wielopaasmowe.

Budowa szeregu anten stanowi kompromis między wygodną konstrukcją, a dobrymi właściwościami elektrycznymi.

Do najczęściej wykorzystywanych w wojsku anten należą:

- a/ nadawcze - dipol symetryczny;
  - antena typu "T";
  - antena typu "V";
  - antena prętowa;
  - antena półromb pionowy;
  - antena promieniowania pionowego /APP/;
  - niesymetryczny wibrator pojemnościowy;
- b/ odbiorcze - dipol symetryczny;
  - antena typu "V";
  - skośny promień;
  - fali bieżącej;
  - prętowa;
  - antena promieniowania pionowego /APP/;
  - niesymetryczny wibrator pojemnościowy.

#### 5.3.2. Dipol symetryczny /poziomy/

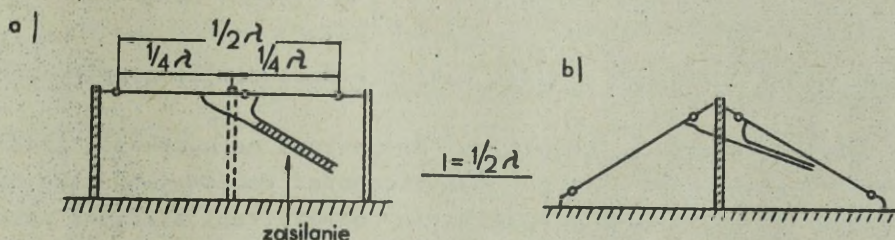
Dipol symetryczny jest najczęściej wykorzystywaną anteną /nadawczą, odbiorczą/ w wojskowej łączności radiowej KF. Stosowana jest w wersji półfalowej  $l = 0,5\lambda$ , która prawidłowo wykonana ma największą sprawność, ale wymaga znacznej przestrzeni do zainstalowania.

Dipol symetryczny półfalowy może być rozmieszczony na jednym /dipol skośny/ lub dwóch - trzech masztach /dipol prosty/, co pokazano na rys. 5.9.

Charakterystyki promieniowania obu anten /przedstawionych na rys.5.9/ w zasadzie nie różnią się między sobą. Dipol symetryczny skośny jest łatwiejszy w eksploatacji, gdyż jeden maszt umożliwia skrócenie czasu rozbijania anteny. Występują natomiast różnice w szerokości pasma czę-

stotliwości roboczych. Jeżeli antena dipol symetryczny prosty o danej długości  $l$  daje najlepsze rezultaty tylko dla częstotliwości różniących się nie więcej niż 5% od częstotliwości własnej anteny  $l/\lambda_0 = 1$ , to zakres wykorzystania anteny dipol symetryczny skośny jest większy i wynosi:

$$1/4 \quad 6/1 \quad \geq l \quad \geq \quad 1,4 \quad 1,5/1$$

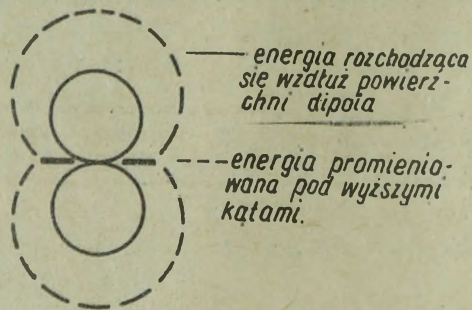


Rys.5.9. Sposoby rozmieszczenia dipola symetrycznego prostego /a/ i skośnego /b/

Poziomy dipol symetryczny wykorzystywany jest zasadniczo do promieniowania fali jonosferycznej, niemniej promieniuje także falę przyziemną. Szczegółowe charakterystyki kierunkowe dipola półfalowego przedstawiono w poprzednim rozdziale. Jak z nich wynika, jej kształt zależy między innymi od wysokości zawieszenia anteny nad ziemią.

Antena dipol symetryczny /półfalowa/ zawieszona na wysokości  $1/4 \lambda$  promieniuje większość energii pod pewnym kątem w stosunku do ziemi /energia promieniowana pod większym kątem jest większa/. Dla dużych kątów promieniowania, a więc dla promieniowania czysto jonosferycznego /kąty pionowe/, charakterystyka pozioma zbliża się do owalu /koła/, co oznacza, że fale przestrzenne wypromieniowane pod tymi kątami mają małą kierunkowość. Ilustruje to rysunek 5.10.

Ponieważ fala odbita w omawianym wypadku /ilustrowanym rys. 5.10/ pojawia się już w niewielkiej odległości od nadajnika /rzędu kilkudziesięciu kilometrów/, stąd często bardziej dogodnie może być wykorzystanie dipola do łączności na fali przyziemnej.



Rys.5.10. Charakterystyka pozioma kierunkowości dipola symetrycznego

Antena dipol symetryczny /półfalowa/ zawieszona na wysokości  $1/4\lambda$  może być wykorzystywana do utrzymywania łączności radiowej na małe odległości /rzędu kilkudziesięciu kilometrów/ między radiostacjami małej mocy. Oczywiście, aby uzyskać odbicie przy dużych kątach promieniowania, częstotliwość musi być odpowiednio dobrana do wymaganego zasięgu z uwzględnieniem pory doby i roku. Zaletą poziomej anteny półfalowej /w porównaniu z dipolem pionowym/ jest zmniejszona możliwość zaników odbieranego sygnału, ponieważ promieniuje ona znikomą falę przyziemną, która dodatkowo jest tłumiona przez różnego rodzaju obiekty terenowe /np. wzgórza, lasy, zabudowania itp./.

Wskazane jest zawieszenie anten symetrycznych na wysokościach nie mniejszych niż  $1/4$  długości fali ze względu na pogorszenie się promieniowania jonosferycznego, które maleje w miarę obniżania wysokości zacierania.

W antenie, w której promienie zawieszono się ukośnie względem poziomu /dipol ukośny/, promieniowanie wzmaga się w stronę, po której znajduje się niższy koniec anteny.

Z przedstawionych w poprzednim rozdziale wykresów kierunkowości dipola poziomego można wyciągnąć następujące wnioski:

- dla utrzymania łączności na falach odbitych na małe odległości wysokość zawieszenia anteny powinna zawierać się w przedziale od  $1/4\lambda$  do  $3/4\lambda$ , gdyż wówczas większa część energii wypromieniowywana jest pod dużym kątem;

- dla utrzymania łączności na duże odległości wskazane jest zawieszenie anteny co najmniej na wysokości  $1/2\lambda$ , ponieważ wówczas więk-

szczość energii fali promieniowana jest pod mniejszym kątem w stosunku do poziomu.

Zestawienie wysokości zawieszonych anteny stosowanych w praktyce w zależności od odległości korespondenta przedstawia tabela 5.1.

Tabela 5.1.

Odległości między korespondentami	Wysokość zawieszenia anteny /dipol symetryczny/
0 - 300 km	0,2 - 0,3 $\lambda$
300 - 1000 km	0,3 - 0,5 $\lambda$
1000 - 1500 km	0,5 - 0,6 $\lambda$

Długość /l/ anteny dipol symetryczny półfalowy oblicza się z następującego wzoru:

$$l = k \cdot \frac{150}{f} ;$$

gdzie: K = 0,95 /współczynnik fali stojącej w przewodzie/  
f = częstotliwość pracy w megahercach.

Wykorzystanie symetrycznego dipola półfalowego /prostego i ukośnego/ w radiostacjach wojskowych zakresu KF przedstawia załącznik nr 7.

### 5.3.3. Antena typu "T"

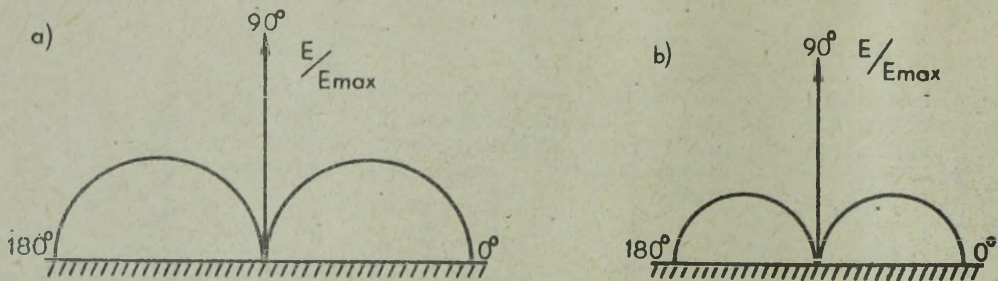
Antenę typu "T" uzyskujemy, łącząc /zwierając/ ramiona dipola symetrycznego. Powstaje w ten sposób antena, której głównym elementem promieniującym jest pionowy przewód zasilający /doprowadzający w poprzednim wypadku energię do ramion dipola/. Ramiona dipola poprawiają parametry anteny w porównaniu z prostą anteną prętową poprzez zwiększenie m.in. wysokości skutecznej anteny.

Charakterystykę kierunkowości anteny przedstawia rysunek 5.11.

Z charakterystyki pionowej widać, że promieniowanie pod dużymi kątami jest nieznaczne, dlatego antenę tego typu wykorzystuje się do łączności na fali przyziemnej.

Antena typu "T" wykazuje pewną kierunkowość wzdłuż ramion "dipola". Jest wykorzystywana w zakresie częstotliwości do 4 MHz.

Sprawność anteny jest tym większa, im wyżej jest zawieszona oraz im lepsza jest konduktywność gruntu /charakterystyka anteny zależy od parametrów gruntu/.



Rys.5.11. Charakterystyka kierunkowości anteny typu "T":  
a/ w płaszczyźnie ramion "dipola",  
b/ w płaszczyźnie prostopadłej do ramion "dipola".

Wykorzystanie anteny typu "T" w radiostacjach wojskowych zakresu KF przedstawia załącznik 8.

#### 5.3.4. Antena typu "V"

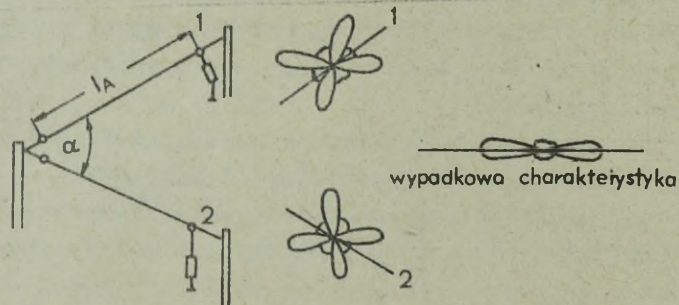
Antenę typu "V" uzyskuje się poprzez nadanie kształtu V dwu ukośnym długim drutom. Poprawia to kierunkowość anteny w stosunku do dipola ukośnego.

Jest to antena aperiodyczna, ponieważ fala po dotarciu do obciążającego rezystora bezindukcyjnego o rezystencji równej impedencji falowej anteny nie ulega odbiciu a jest pochłonięta przez ten rezystor.

W ten sposób w antenie powstaje fala bieżąca o stałej wartości, niezależnej od długości anteny.

W rzeczywistości w wyniku promieniowania przewodu amplituda fali bieżącej maleje.

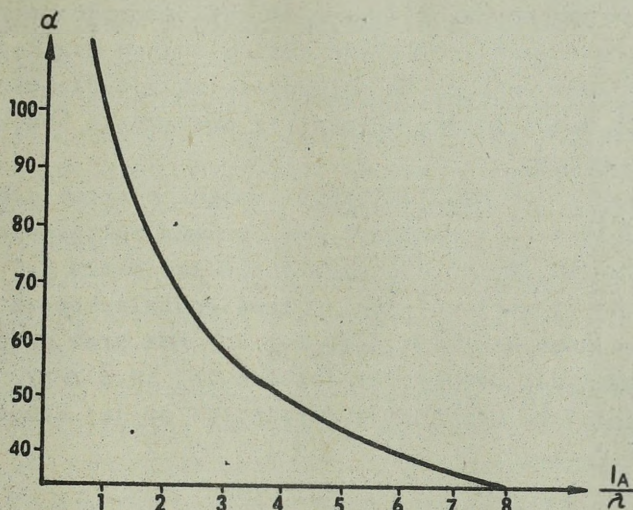
Zasadę działania anteny "V" ilustruje rysunek 5.12.



Rys.5.12. Zasada działania anteny typu "V"

Kierunek maksymalnego promieniowania anteny "V" pokrywa się z kierunkami dwusiecznej kąta utworzonego przez oba przewody.

Wielkość kąta  $\alpha$  zależy od długości przewodów anteny. Charakterystykę zależności kąta  $\alpha$  w funkcji długości ramion /przewodów/ anteny przedstawia rys. 5.13.

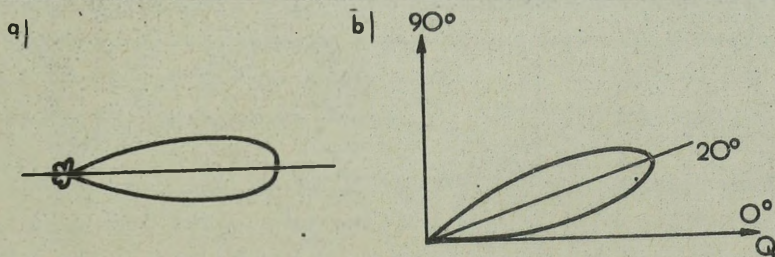


Rys.5.13. Zależność optymalnego kąta anteny "T" od długości jej promieni /przewodów/

Kierunkowość charakterystyki powiększa się ze zwiększaniem długości przewodu  $l_A$  względem długości fali. Dobre wyniki otrzymuje się przy  $l_A = 8\lambda$ . Kąt  $\alpha$  powinien wynosić wtedy około  $35^\circ$ . Przy mniejszym kącie rozwarcia  $\alpha$  otrzymuje się większy kąt promieniowania pionowego.

Przedstawiona na wykresie zależność odnosi się do optymalnego kąta  $\alpha_{opt}$ , przy którym otrzymuje się maksymalny zysk dla danej długości anteny.

Charakterystyki promieniowania tej anteny przedstawia rysunek 5.14.



Rys.5.14. Charakterystyka anteny typu "V":  
a/ pozioma, b/ pionowa

Przy pomocy anten typu "V" utrzymuje się łączność z korespondentami na fali jonosferycznej na duże odległości /ponad 1000 km/.

Wykorzystanie anteny typu "V" w radiostacjach wojskowych ilustruje załącznik 9.

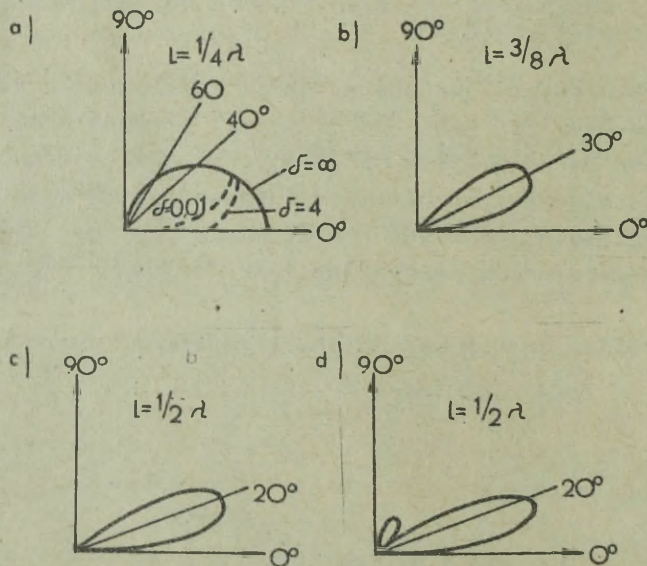
### 5.3.5. Antena prętowa

Anteny prętowe stosowane są zazwyczaj w radiostacjach zainstalowanych na pojazdach ruchomych lub małych radiostacjach przenośnych.

W większości wypadków anteny te są krótsze od  $1/4$  długości fali, dlatego też w obwód dużej anteny włącza się obciążenie indukcyjne /cewkę wydłużającą antenę/.

Na niektórych zakresach częstotliwości antena prętowa posiada długość równą  $1/4$  długości fali roboczej /np. antena półteleskopowa 10-metrowa radiostacji R-118, R-140 dla częstotliwości około 7,5 MHz/, a niekiedy większą od tej wartości /np. antena półteleskopowa 10 m radiostacji R-140 dla częstotliwości powyżej 7,5 MHz oraz antena 4 m tej samej radiostacji dla częstotliwości powyżej 18,5 MHz/.

Charakterystykę anteny prętowej w zależności od jej długości przedstawia rys. 5.15.



Rys.5.15. Charakterystyka promieniowania w płaszczyźnie pionowej dla różnych długości anteny prętowej

Charakterystyka promieniowania w płaszczyźnie poziomej jest kołowa.

Zazwyczaj ziemia, nad którą umieszcza się antenę, jest ekranem o ograniczonej konduktywności. W takim wypadku pole elektromagnetyczne, wnikaające w ziemię, ulega pochłanianiu, co wpływa na charakterystykę i sprawność anteny.

Zainstalowanie anteny nad glebą mokrą zmniejsza straty w ziemi, natomiast zainstalowanie jej na gruncie suchym, skalistym powoduje zjawisko odwrotne. Przeciwdziała się temu zakładając pod antenę system przewodów - przeciwwag.

Jak widać z przedstawionych powyżej rysunków, w łączności na fali przyziemnej przy wykorzystaniu anteny prętowej najkorzystniej stosować jest anteny o długości mniejszej lub równej  $1/4$  długości fali roboczej. W pozostałych bowiem wypadkach promieniowanie fali przyziemnej maleje kosztem promieniowania pod pewnym kątem elewacji, dochodzącym w przypadku gdy  $l = 3/8 \lambda$  do  $30^\circ$ . Dla anteny 10 m taką optymalną częstotliwością promieniowania jest 7,5 MHz, natomiast dla anteny 4 m - częstotliwość 18,5 MHz.

Anteny prętowe zakrótkie ( $l < 1/4 \lambda$ ) mają jednak małą rezystancję promieniowania i znaczną reaktancję pojemnościową. Stosuje się więc dopasowanie poprzez wydłużenie anteny u podstawy cewką, tworzącą z pojemnością anteny obwód rezonansowy o częstotliwości pracy. Antena taka promieniuje jednak pod pewnym kątem elewacji, co zmniejsza zasięg fali przyziemnej wykorzystywanej do łączności w ruchu.

Antenę można przedłużyć skupioną pojemnością, założoną na górnym końcu pręta. Zaletą takiego układu jest uzyskanie dużych wartości prądu w promieniującej części pionowej, co zwiększa natężenie pola w kierunku przyziemnym. Skupioną pojemność stanowią może wiązka przewodów poziomo umocowanych do wierzchołka anteny prętowej. Szczególnym przypadkiem takiej właśnie anteny jest antena typu "T", w której rolę skupionej pojemności spełniają ramiona dipola. Z przyczyn opisanych wcześniej antenę prętową 4 m należy wykorzystywać do łączności w zakresie od 14 - 30 MHz, natomiast antenę prętową 10 m - w zakresie od 4 do 14 MHz, co zapewni zasięg do kilkudziesięciu kilometrów w zależności od mocy nadajnika. Zakres częstotliwościowy wykorzystania odbiorczych anten prętowych 4 m może być większy ze względu na mniejsze wymagania odnośnie do dopasowania anteny do odbiornika i obejmować pasmo od 1,5 do 30 MHz.

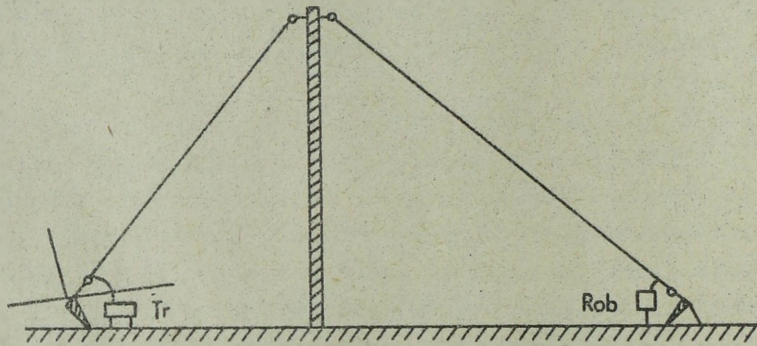
Zwiększony zasięg odbioru można uzyskać poprzez podwieszenie anteny prętowej na wysokim maszcie /propagacja typu ogólnego/, np. w radiostacji R-140, podwieszając antenę prętową 4 m na 12 m maszcie, zapewniamy odbiór fali przyziemnej z odległości około 100 km.

W niektórych radiostacjach /np. R-111 - pracuje częściowo w zakresie KF/ celem dopasowania anteny do częstotliwości roboczej stosuje się zmienną długość pręta i przeciwwag. Zapewnia to maksymalną oporność promieniowania anteny na danej fali roboczej oraz uzyskanie maksymalnego zasięgu.

Zakres wykorzystania anten prętowych w radiostacjach wojskowych przedstawia załącznik 10.

### 5.3.6. Antena półromb pionowy

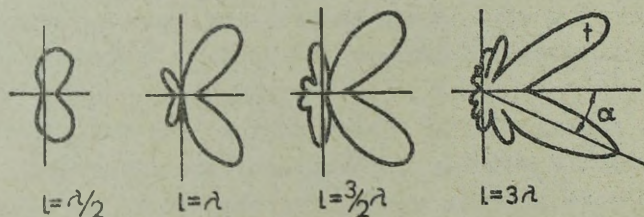
Antena półromb pionowy zbudowana jest z radiatora i przeciwwagi co pokazano na rysunku 5.16.



Rys. 5.16. Budowa anteny półromb pionowy

Należy ona podobnie jak antena typu "V" do anten aperiodycznych z falą bieżącą i wykorzystywana jest do łączności na fali przyziemnej i rozproszonej w troposferze w zakresie od 20 do 30 MHz /również w zakresie UKF/ na odległości do 150 km.

Charakterystykę kierunkowości tej anteny dla różnych długości przewodu promieniującego przedstawia rys. 5.17.



Rys. 5.17. Charakterystyki promieniowania anteny półromb pionowy

Z powyższego rysunku wynika, że maksimum energii fali promieniowane jest pod pewnym kątem w stosunku do kierunku rozwinięcia anteny. Kąt ten zależy od długości przewodu promieniującego i dla anteny bardzo długiej dąży do zera. Zjawisko to ilustruje tabela 5.2.

Tabela 5.2.

Długość przewodu /l/	Kąt
4 $\lambda$	26°
5 $\lambda$	23°
6 $\lambda$	21°
7 $\lambda$	19°
8 $\lambda$	18°
10 $\lambda$	16°
12 $\lambda$	15°
30 $\lambda$	11°

Przykładowo dla radiostacji R-137 w zakresie 20-30 MHz długość anteny zawiera się w granicach: od 2,13 do 3,2  $\lambda$ , co odpowiada kątowi  $\alpha$  ok. 26°. W związku z tym do łączności do 70 km na fali przyziemnej antenę tę należy rozwijać w kierunku korespondenta, uwzględniając wymienioną poprawkę kątową - praktycznie ok. 20°.

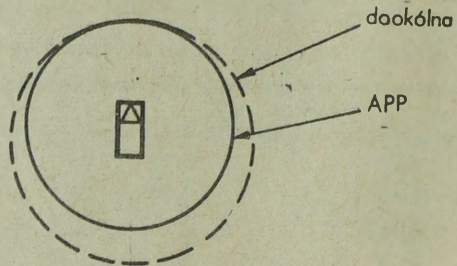
Wykorzystanie anteny typu półromb pionowy w radiostacjach wojskowych przedstawia załącznik 11.

### 5.3.7. Antena promieniowania pionowego /APP/

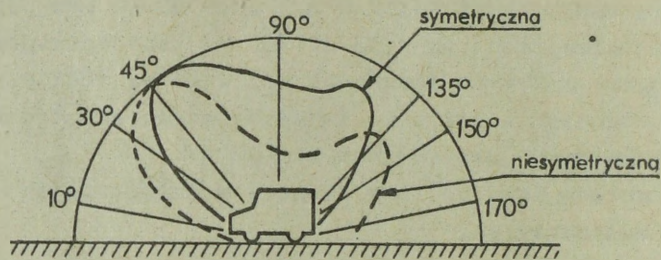
APP jest anteną o konstrukcji ramowej montowaną na dachu nadwozia samochodu lub transportera. Jest przewidziana do pracy zarówno na postoju, jak i w ruchu. Zapewnia możliwość utrzymania łączności na odległości do 200-300 km w zakresie częstotliwości 2-12 MHz z wykorzystaniem propagacji przyziemnej i jonosferycznej.

Współpracując z nadajnikiem, antena promieniowania pionowego wykorzystywana jest jako antena niesymetryczna /z falą bieżącą/, zaś podczas współpracy z odbiornikiem - jako antena symetryczna /z falą stojącą/ i niesymetryczna.

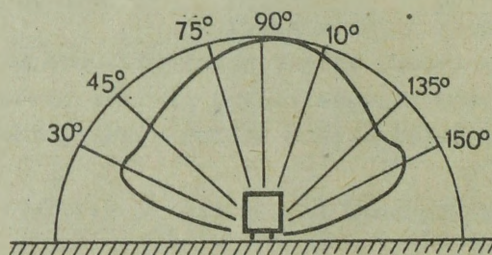
Charakterystyki promieniowania tej anteny ilustruje rys. 5.18, 5.19. 5.20.



Rys.5.18. Charakterystyka kierunkowości anteny APP w płaszczyźnie poziomej /antena niesymetryczna/



Rys.5.19. Charakterystyka anteny APP w płaszczyźnie pionowej



Rys.5.20. Charakterystyka anteny APP w płaszczyźnie pionowej i prostopadłej do osi pojazdu /antena symetryczna/

Charakterystyki kierunkowości tej anteny różnią się nieznacznie między sobą w zależności od nadwozia, na jakim są zamontowane.

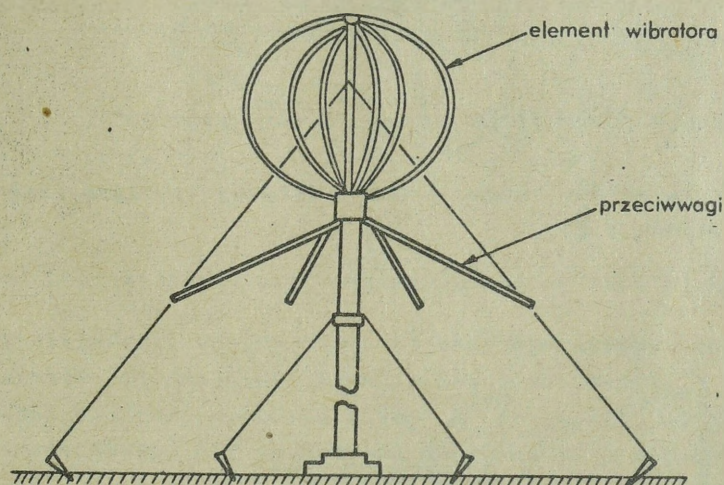
Najwłaściwsze ich zastosowanie to praca w ruchu, gdzie zasięgi łączności niewiele różnią się od zasięgów podczas pracy na postoju. Przy pracy na tej antenie nie występuje też tzw. strefa martwa w zakresie odległości od około 70 do 100 km, powodowana zanikiem fal przyziemnych a niewystępowaniem jeszcze fali jonosferycznej.

Wykorzystanie anteny APP w radiostacjach wojskowych ilustruje załącznik 12.

#### 5.3.8. Niesymetryczny wibrator objętościowy

Wibrator objętościowy podobnie jak półromb pionowy wykorzystywany jest w paśmie od 20 do 30 MHz /również w zakresie UKF/ do łączności na fali przyziemnej i rozproszonej na odległości do 80 km.

Jego budowę przedstawia rysunek 5.21.



Rys. 5.21. Antena wibrator objętościowy

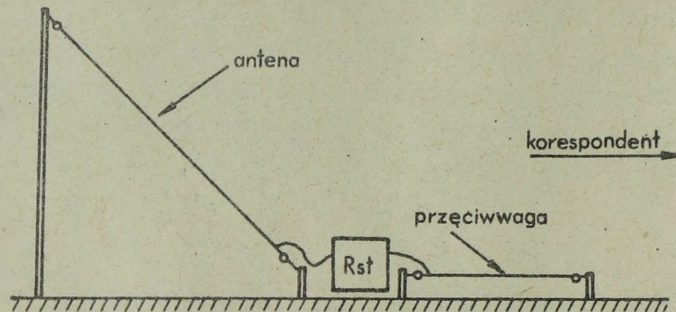
Posiada on charakterystykę promieniowania dookólną i wykorzystywany jest do łączności z korespondentami rozlokowanymi w terenie tak, że kierunki współpracy z nimi są różne.

Zakres wykorzystania anteny typu niesymetryczny wibrator objętościowy w radiostacjach wojskowych przedstawia załącznik 13.

### 5.3.9. Antena typu "skośny promień"

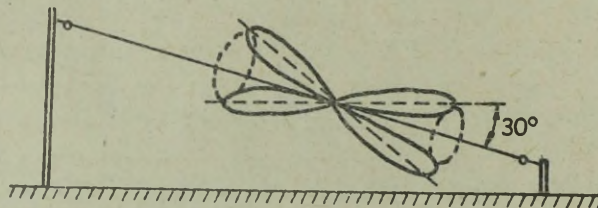
Antena skośny promień jest jedną z najprostszych anten, ze względu na budowę. Wykorzystywana jest przede wszystkim jako antena odbiorcza w całym zakresie KF. W radiostacjach małej mocy wykorzystywana jest również jako antena nadawcza.

Sposób rozwinięcia anteny typu skośny promień przedstawia rysunek 5.22.



Rys.5.22. Sposób rozwinięcia anteny "skośny promień"

Charakterystyka anteny skośny promień wykazuje wyraźną kierunkowość, co ilustruje rysunek 5.23.



Rys.5.23. Charakterystyka kierunkowości anteny skośny promień

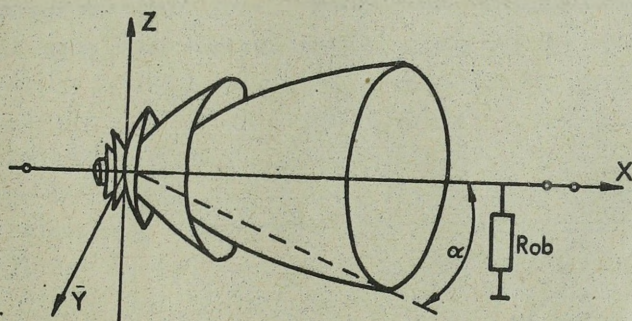
Przy wykorzystaniu anteny skośny promień uzyskujemy zasięgi na fali przyziemnej na odległości rzędu kilkudziesięciu kilometrów.

Stosowanie anteny skośny promień w radiostacjach wojskowych przedstawia załącznik 14.

### 5.3.10. Antena "fali bieżącej"

Przez nazwę antena fali bieżącej należy rozumieć antenę aperiodyczną w postaci długiego przewodu rozwiniętego na pewnej wysokości równoległe do powierzchni ziemi, zakończonę obciążeniem bezindukcyjnym o rezystencji równej impedencji falowej anteny. W antenie takiej zamiast fali stojącej /anteny harmoniczne/ powstaje na skutek braku odbicia fala bieżąca, której amplituda wskutek strat na rezystencji przewodu maleje.

Charakterystyka kierunkowości anteny fali bieżącej nieznacznie różni się od anteny półromb pionowy, tzn. promieniuje maksimum energii pod mniejszym kątem w stosunku do ziemi. Charakterystykę przestrzenną anteny fali bieżącej przedstawia rysunek 5.24.



Rys.5.24. Charakterystyka przestrzenna anteny fali bieżącej

W celu zmniejszenia wpływu ziemi na charakterystykę kierunkowości anteny w punkcie jej zasilania rozwija się przeciwwagi.

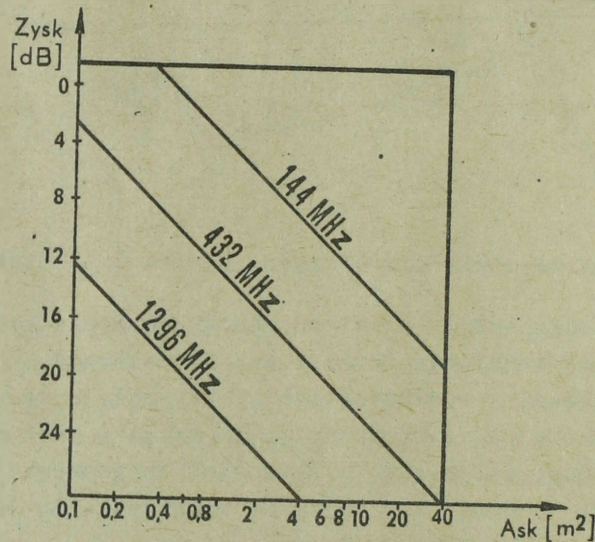
Antenę fali bieżącej w radiostacjach KF ze względu na promieniowanie energii kierunkowo pod stosunkowo małym kątem w stosunku do ziemi  $30^\circ > \alpha > 15^\circ$  wykorzystuje się do łączności na stosunkowo duże odległości /dla R-110 powyżej 1000 km/ przy wykorzystaniu fal odbitych od jonosfery.

Zakres wykorzystania anteny fali bieżącej w radiostacjach wojskowych przedstawia załącznik 15.

#### 5.4. Anteny zakresu UKF

##### 5.4.1. Zagadnienia wstępne

Przy dalekich łącznościach w zakresie UKF o możliwościach łączności radiostacji decyduje przede wszystkim jakość anteny wraz z linią zasilającą. Przy wzroście częstotliwości a jednakowych natężeniach pola elektromagnetycznego maleje napięcie na zaciskach wyjściowych anteny. Równocześnie jednak rośnie napięcie szumów własnych wejścia odbiornika, prowadząc do pogorszenia stosunku sygnału do szumu. Stratę tę można zrekomensować większym zyskiem anteny. Dlatego anteny UKF projektuje się tak, aby osiągnąć zyski w granicach 6-30 dB. Spełnienie tego warunku jest w zasadzie osiągalne dla wyższych częstotliwości zakresu UKF /stacje radioliniowe/, ze wzrostem bowiem częstotliwości maleje wymagana wartość apertury skutecznej anteny. Duży zysk wymaga dużej apertury fizycznej anteny, co wynika z poniższego wykresu /rys. 5.25/.



Rys.5.25. Zysk anteny w zależności od jej apertury skutecznej

Wiele popularnych anten UKF znajduje swoje odpowiedniki w antenach KF. Są to przede wszystkim anteny prętowe, wibratory objętościowe, półromb pionowy. Anteny będą w tym rozdziale omawiane bardzo krótko. Szerzej natomiast będą omówione nowe typy anten /z podziałem na anteny radiostacji i stacji radioliniowych/.

Do najczęściej wykorzystywanych w wojsku anten radiowych UKF należą:

- antena prętowa;
- wibrator objętościowy;
- półromb pionowy;
- antena fali bieżącej;
- skośny promień.

Natomiast do najczęściej wykorzystywanych w wojsku, w stacjach radioliniowych, anten UKF należą:

- antena YAGI;
- antena reflektorowa;
- antena prętowa;
- antena cylindryczna /"granat"/.

#### 5.4.2. Antena prętowa

Zasadnicze właściwości i charakterystyki anteny prętowej opisano w p. 3.5. W radiostacjach UKF, stacjach radioliniowych wykorzystuje się ją do łączności w ruchu i na postoju na małe odległości rzędu od kilku do kilkudziesięciu kilometrów /dla radiostacji dużej mocy/. W wypadku podwieszenia anteny prętowej na odpowiednio wysokim maszcie do pracy na postoju zasięg łączności dla radiostacji małej mocy wzrasta /propagacja typu ogólnego/ do kilkudziesięciu kilometrów. W stacji radioliniowej R-405Z do pracy w ruchu w zakresie fal metrowych /60-70 MHz/ wykorzystuje się antenę prętową półfalową.

Zakres wykorzystania anteny prętowej w wojsku w radiostacjach UKF i stacjach radioliniowych przedstawiono w załączniku 10.

#### 5.4.3. Antena wibrator objętościowy

Zasadnicze właściwości anteny wibrator objętościowy opisano w p. 5.3.8. Przeznaczona jest do pracy radiostacji na fali przyziemnej i rozproszonej w zakresie od 30 do 60 MHz /w zakresie KF od 20 MHz/ na odległość około 80 km. Zakres jego wykorzystania w radiostacjach wojskowych przedstawiono w załączniku 13.

#### 5.4.4. Antena "półromb pionowy"

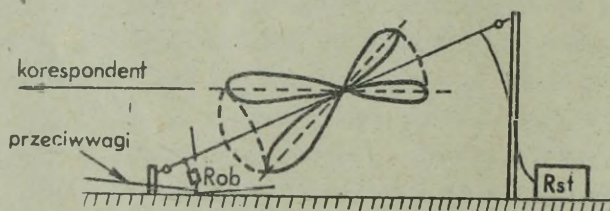
Antena półromb pionowy wykorzystywana jest w zakresie od 20-60 MHz, obejmuje więc pasmo UKF /30-60 MHz/. Zasadnicze właściwości i charakterystykę tej anteny przedstawiono w p. 5.3.6. Przeznaczona jest ona do pracy na fali przyziemnej i rozproszonej w troposferze na odległości do 150 km. Wykorzystanie tej anteny w radiostacjach wojskowych przedstawiono w załączniku 11.

#### 5.4.5. Antena "fali bieżącej"

Właściwości i charakterystykę anteny fali bieżącej przedstawiono w p. 5.3.10. Znajduje ona zastosowanie w radiostacjach małej mocy do częstotliwości 52 MHz w łączności na odległość 15 i więcej kilometrów. Jej długość waha się w granicach od 4 do  $7\lambda$ , w związku z czym ustawiając ją w kierunku na korespondenta powinniśmy uwzględnić poprawkę kątową od  $19^\circ$  do  $26^\circ$  zgodnie z tabelą w p. 5.3.6. Zastosowanie anteny fali bieżącej w radiostacjach wojskowych przedstawia załącznik 15.

#### 5.4.6. Antena typu "skośny promień"

Antenę skośny promień zakresu UKF uzyskuje się z anteny fali bieżącej, podnosząc jej wyższy koniec na pewną wysokość nad ziemią. Jest to więc antena z falą bieżącą. Sposób rozwinięcia anteny skośny promień przedstawiono na rysunku 5.26.



Rys.5.26. Sposób rozwinięcia anteny typu skośny promień zakresu UKF

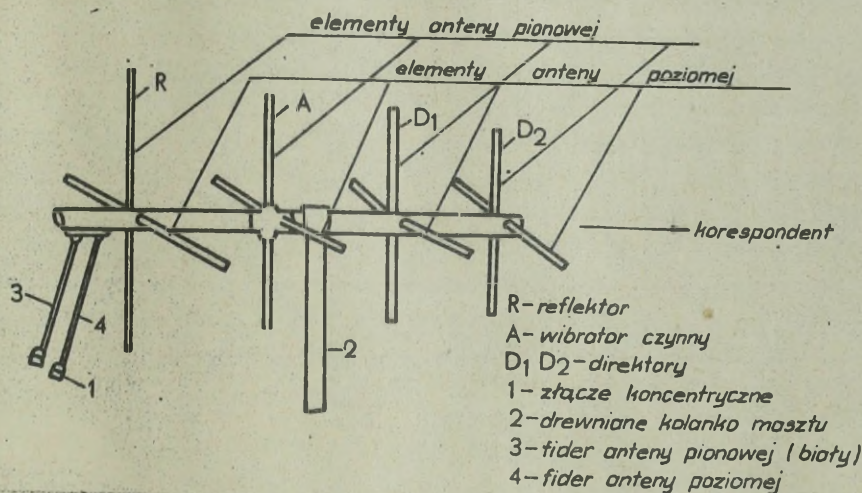
Dzięki takiemu rozwinięciu przewodu antenowego antena promieniuje kierunkowo falę przyziemną, na której można uzyskać łączność /dla radiostacji małej mocy/ do 25 km. Na rysunku widać, że listki promieniowania w kierunku korespondenta są większe od listków w kierunku przeciwnym. Zakres wykorzystania anteny skośny promień w radiostacjach wojskowych pokazano w załączniku 14.

#### 5.4.7. Antena Yagi

Antena Yagi należy do grupy anten dipolowych zakresu UKF do łączności na fali przyziemnej /propagacja przestrzenna/, przy czym w wojskowych stacjach radioliniowych wykorzystywane są "krótkie Yagi", do których zaliczamy anteny o długości  $1 < \lambda$ . Antenę typu Yagi zastosowa-

no w stacji radioliniowej R-405Z /nazywana również anteną typu "kanał falowy"/ oraz w stacji radioliniowej R-409M, gdzie nazywana jest anteną logarytmiczno-periodyczną /LPA/.

Antenę typu "kanał falowy /Yagi/ pokazano na rysunku 5.27.



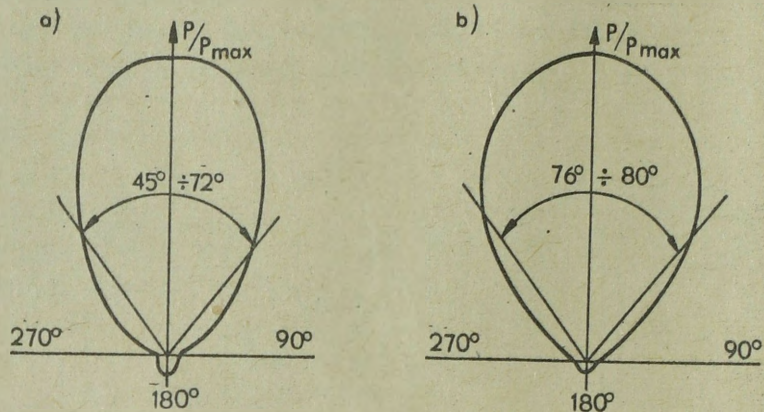
Rys.5.27. Budowa anteny typu "kanał falowy"

Jest to antena czteroelementowa, w której nadawanie i odbiór sygnałów wysokiej częstotliwości odbywa się na oddzielnych polaryzacjach /pionowej i poziomej/. Anteny pozioma i pionowa konstrukcyjnie stanowią jedno krzyżowe urządzenie /ze zdejmowanymi wibratorami/, które do pracy umieszcza się na składanym maszcie o wysokości 14,5 m.

Wibrator A nosi nazwę czynnego. Jest on umocowany do żerdzi za pośrednictwem izolatorów i łączy się za pomocą fidera z częściami odbornika lub wyjściem nadajnika. Pozostałe wibratory /R, D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>/ są wzbudzone polem wibratora czynnego i noszą nazwę biernych. Stała długość wibratorów i odległość między nimi warunkuje dopasowanie anteny do określonego wąskiego zakresu częstotliwości rzędu 5 MHz. Antena pionowa /krótsze wibratory/ jest dostrojona do częstotliwości 65-70 MHz /numery fal umownych 88-154/, a pozioma - do częstotliwości 60-65 MHz /numery fal umownych 21-87/. Wibratory pionowe oznakowano kolorem białym w celu uniknięcia pomyłki przy składaniu anteny. W wypadku uszkodzenia jednej z anten /pionowej lub poziomej/ lub fidera zasilającego stacja radioliniowa może pracować na jedną wspólną antenę przy pomocy filtru antenowego, umożliwiającego rozdział toru nadawczego od odbiorczego.

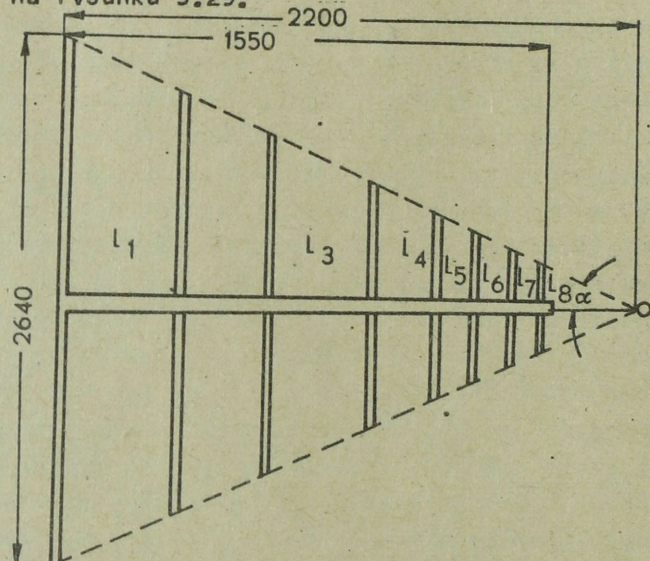
Charakterystyki kierunkowości anteny "kanał falowy" /Yagi/ pokazano na rysunku 5.28.

Współczynnik zysku energetycznego anteny w stosunku do wibratora półfalowego wynosi nie mniej niż 6 dB /4-krotny odnośnie do mocy/.



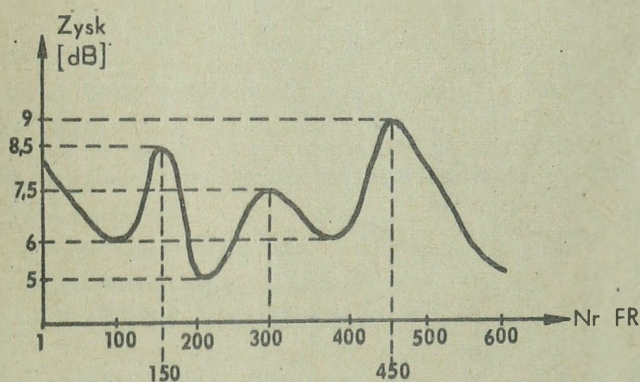
Rys. 5.28. Charakterystyka kierunkowości anteny "kanał falowy"  
a/ poziomej w płaszczyźnie poziomej  
b/ pionowej w płaszczyźnie poziomej

Antenę logarytmiczno-periodyczną /LPA/ zastosowano w stacji radioliniowej R-409M dla podzakresu częstotliwości A /60-120 MHz/. Jej budowę pokazano na rysunku 5.29.



Rys.5.29. Budowa anteny logarytmiczno-periodycznej

Jest to antena ośmioelementowa nadawczo-odbiorcza, której wibratory zamocowane są na żerdzi stanowiącej linię falowodową. Połączone są one z linią falowodową galwanicznie i zasilane zmienną fazą powstającą w niej fali stojącej. Dla wzbudzenia tej linii, wewnątrz jednego z jej przewodników umieszczony jest odcinek kabla koncentrycznego, rozszyty na jednym końcu i podłączony w punktach zasilania układu antenowego. Natomiast na drugim końcu podłączony jest on do złącza koncentrycznego, do którego podłącza się linię zasilającą. Prądy wzbudzające osięgają maksimum przy vibratorze, którego długość wynosi w przybliżeniu  $\lambda/2$ . Przy zmianie częstotliwości - rezonansowym staje się inny vibrator anteny. Obszar aktywnego zasilania vibratorów przemieszcza się więc wzdłuż anteny, przy czym jego odległość od wierzchołka kąta  $\alpha$ , wyrażona w długościach fal, pozostaje stała. Wraz z przemieszczeniem się obszaru aktywnego zmienia się wartość zysku anteny, który osiąga swe maksima dla określonych długości fal /obszar aktywny znajduje się na wysokości vibratora/, co pokazano na rysunku 5.30.



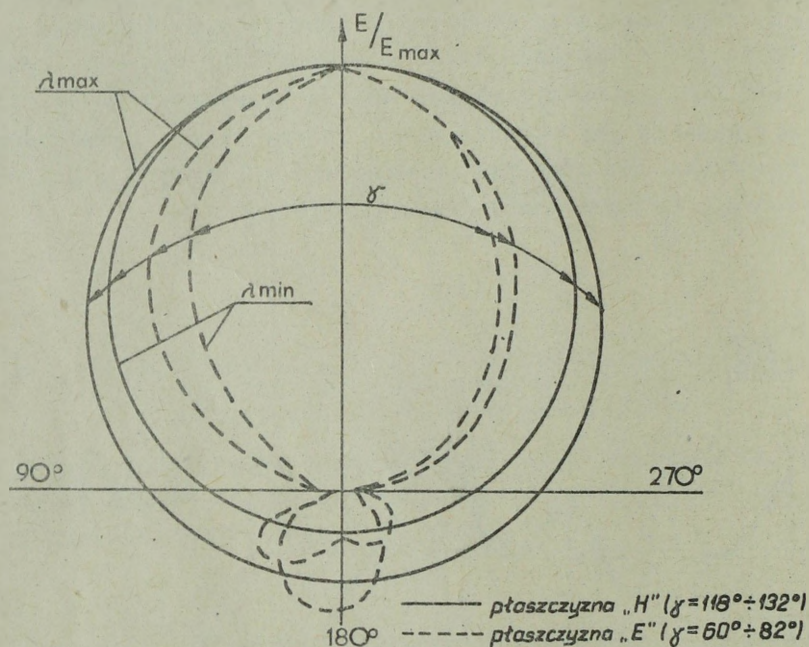
Rys.5.30. Zależność współczynnika zysku kierunkowego od numeru fali roboczej

Jak wynika z wykresu, optymalnymi częstotliwościami pracy anteny aperiodyczno-logarytmicznej są - ze względu na zysk kierunkowy - 60, 75, 90 i 105 MHz. Zysk anteny dla tych częstotliwości waha się w przedziale 7.5 do 9 dB. Natomiast najniższy współczynnik zysku występuje na częstotliwościach ok. 70 i powyżej 115 MHz, dlatego należy unikać pracy stacji radiolinijowej na tych falach.

Antenę w stanie roboczym mocuje się do drewnianego kolanka za po-

moćą obejmą, która jednocześnie pozwala na obrót anteny w celu zmiany polaryzacji z poziomej na pionową i na odwrót. Zmiany polaryzacji należy stosować przy pracy kilku anten na tym samym węźle łączności.

Charakterystykę anteny poziomej pokazano na poniższym rysunku 5.31.



Rys.5.31. Charakterystyka kierunkowa anteny periodyczno-logarytmicznej

Analiza powyższej charakterystyki dowodzi, że dla wyższych częstotliwości listek główny jest węższy niż dla niższych /dla krańcowych częstotliwości zakresu 60 - 120 MHz różnica ta wynosi  $14^{\circ}$  w płaszczyźnie "E",  $22^{\circ}$  w płaszczyźnie "H" / oraz że w płaszczyźnie "E" jest on znacznie węższy niż w płaszczyźnie "H" /ok.  $50^{\circ}$ /.

#### 5.4.8. Antena reflektorowa

Antena reflektorowa jest anteną aperturową, w której źródło oświetlające /promiennik energii elektromagnetycznej/ wytwarza falę kulistą a zadaniem reflektorów jest przekształcenie tej fali w falę płaską. W przypadku ogólnym za pomocą reflektora o odpowiednich wymiarach, kształcie i odpowiednio oświetlonego można uzyskać prawie dowolną charakterystykę promieniowania.

Odbijanie promieniowania padającego na reflektor nie wymaga stosowania jednolitej metalowej powierzchni, wystarczy szereg gęsto obok siebie położonych prętów, które nie muszą być połączone ze sobą na końcu. Przy wibratorach z polaryzacją kołową lub eliptyczną reflektor powinien być wykonany z siatki. W praktyce przy częstotliwościach powyżej 300 MHz stosowane są reflektory siatkowe - nawet przy polaryzacji liniowej, natomiast przy częstotliwościach powyżej 500 MHz - reflektory o jednolitej metalowej powierzchni. Długość boku oczka siatki wylicza się z następującego wzoru:

$$\lambda = 20 b \log \frac{b}{\pi d} ;$$

gdzie: d - średnica drutu;

b - długość boku oczka siatki;

$\lambda$  - długość fali.

W wojskowych stacjach radiolinowych stosowane są następujące rodzaje anten reflektorowych:

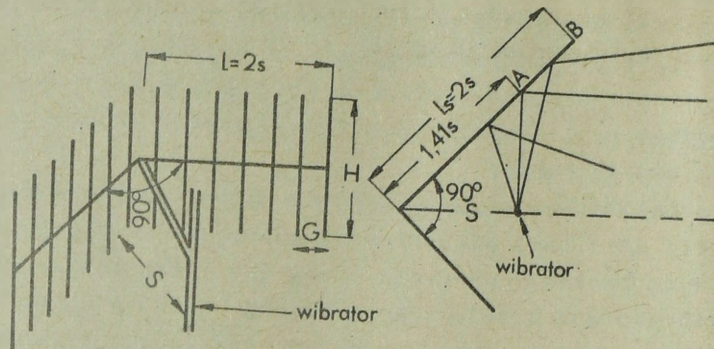
- antena z reflektorem kątowym;
- antena z reflektorem płaskim;
- antena z reflektorem parabolicznym.

##### 5.4.8.1. Antena z reflektorem kątowym

Anteny z reflektorem kątowym znalazły szerokie zastosowanie w zakresie UKF ze względu na niezbyt krytyczne warunki w budowie, strojeniu oraz osiągnięty stosunkowo duży współczynnik zysku - od 10 do 15 dB.

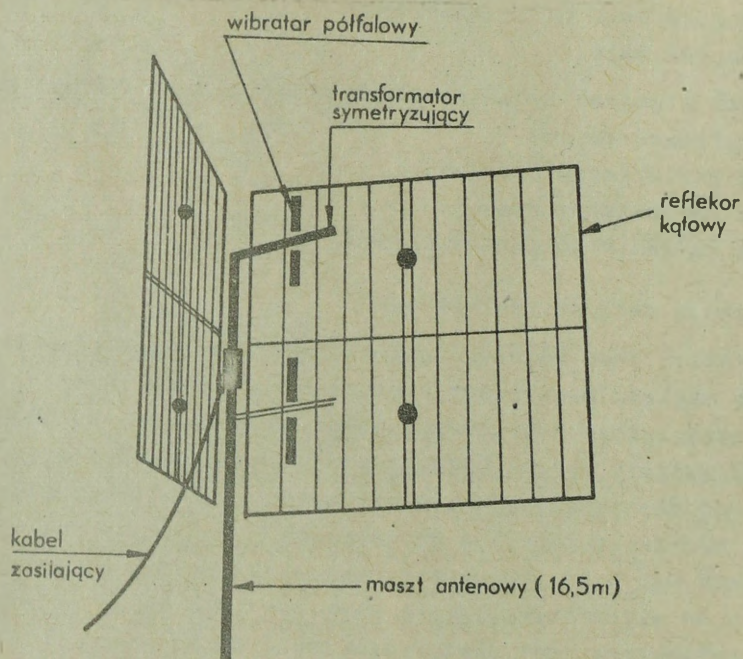
Podstawowe wymiary anteny kątowej podano na rysunku 5.32.

Elementem promieniującym jest prosty dipol półfalowy. Reflektor ma duże ramiona złożone z dipoli o długościach  $H \geq 0,6\lambda$  i umieszczonych w odległościach  $G \leq 0,1\lambda$ . Długości ramion /l/ zależą od odległości /S/ wibratora od wierzchołka kąta i wartości tego kąta. Najistotniejszą częścią reflektora jest obczar przyległy do punktu A, gdyż padająca tam fala odbija się równoległe do osi anteny.



Rys.5.32. Wymiary anteny kątowej

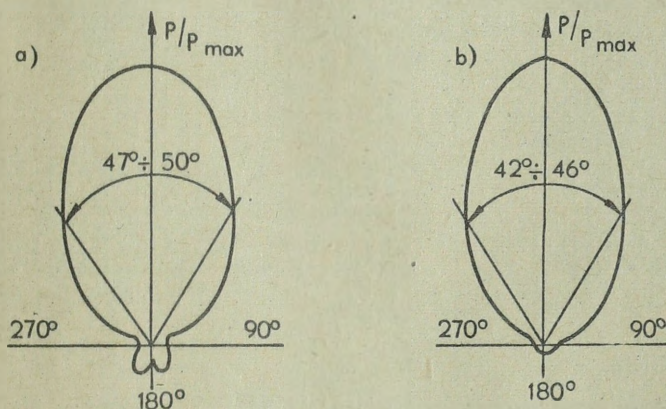
Antenę kątową zastosowano w stacji radioliniowej R-405Z dla zakresu DCM /390-420 MHz/. Jest ona zbudowana z dwóch zasilających synfazowo półfalowych wibratorów /w celu zwiększenia zysku/ umieszczonych w reflektorze kątowym o kącie rozwarcia  $85^\circ$ . Budowę anteny pokazano na rysunku 5.33.



Rys.5.33. Antena kątowa stacji radioliniowej R-405Z

Transformator symetryzujący zastosowano w celu zwiększenia rezystancji wejściowej wibratorów półfalowych z  $75\Omega$  do  $150\Omega$ .

Charakterystyki kierunkowe anteny kątowej stacji radioliniowej R-405Z pokazano na rysunku 5.34.



Rys.5.34. Charakterystyki kierunkowości anteny kątowej:  
a/ anteny o polaryzacji poziomej w płaszczyźnie poziomej;  
b/ anteny o polaryzacji pionowej w płaszczyźnie poziomej

Zysk anteny kątowej w całym zakresie częstotliwości roboczych wynosi co najmniej 10 dB.

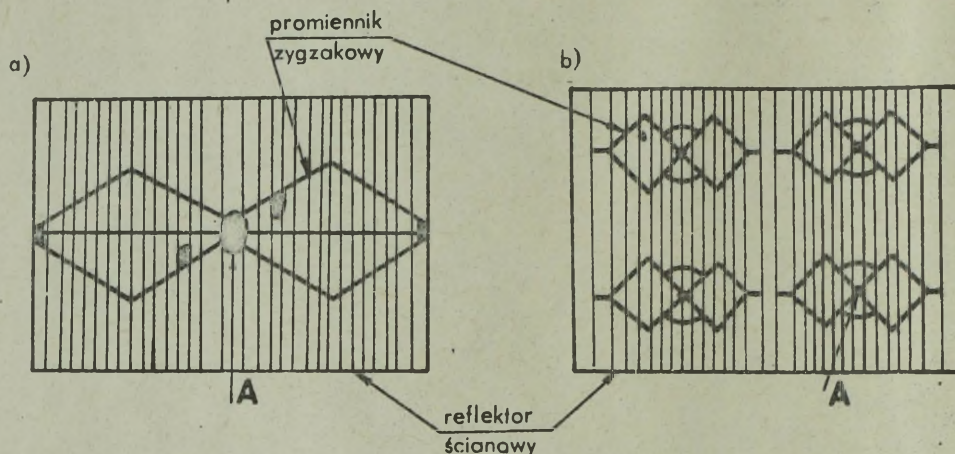
Sposób mocowania anteny do masztu pozwala na ustawienie wibratorów zarówno w płaszczyźnie pionowej jak i poziomej, co pozwala na wybranie odpowiedniej polaryzacji ze względu na pokrycie terenu.

#### 5.4.8.2. Antena z reflektorem płaskim

Antena z reflektorem płaskim jest szczególnym przypadkiem anteny kątowej /kąt rozwarcia  $180^\circ$ /, w której powierzchnię odbijającą stanowi reflektor ścianowy, zbudowany z podłużnych dipoli.

Antenę tego typu zastosowano w stacji radioliniowej R-409M dla łączności w podzakresie B/120 - 240 MHz/ i C /240 - 480 MHz/. Antena "zygzakowa" z reflektorem ścianowym wykorzystywana jest do pracy w podzakresie B, natomiast w podzakresie C wykorzystywana jest antena "synfazowa krata" zbudowana z czterech zygzakowatych promienników wraz z reflektorem ścianowym.

Jeśli chodzi o konstrukcję anteny dla obydwu podzakresów są wykonane w postaci jednego składanego urządzenia ze wspólnym reflektorem. Budowę obydwu anten pokazano na rysunku 5.35.



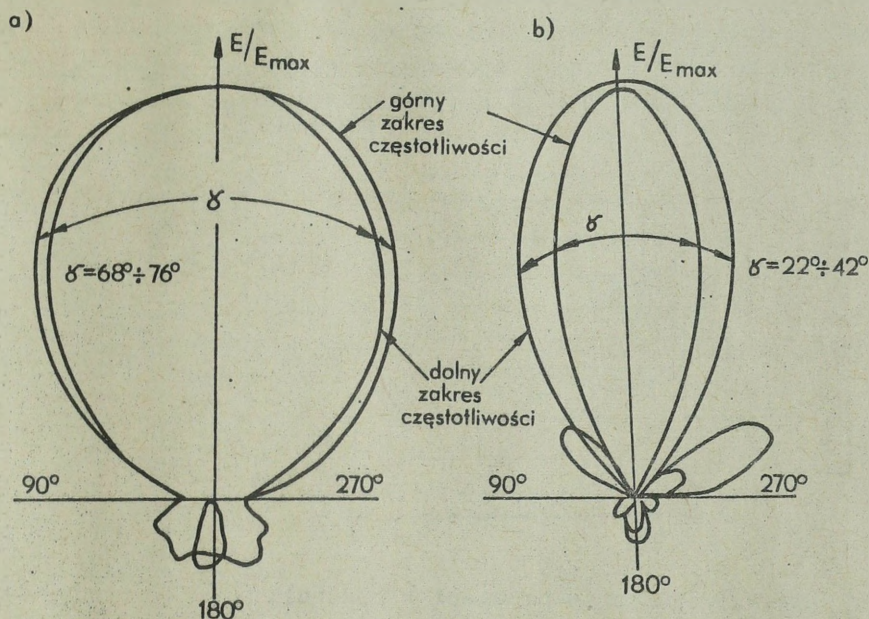
Rys.5.35. Anteny stacji radioliniowej R-409M:  
a/ podzakresu B  
b/ podzakresu C

Elementem oświetlającym reflektor jest w obydwu wypadkach zygzakowaty promiennik /dla podzakresu "C" cztery promienniki/ zasilany w punkcie oznaczonym na rysunku literą A. Dla anteny podzakresu "C" wszystkie cztery promienniki zasilane są syntonizowo. Polaryzację anteny określa położenie dłuższego boku reflektora w stosunku do ziemi. Jeżeli dłuższy bok reflektora jest umieszczony poziomo w stosunku do niej, antena promieniuje falę elektromagnetyczną spolaryzowaną pionowo, jeżeli pionowo - falę spolaryzowaną poziomo.

Charakterystyki kierunkowe anten reflektorowych stacji radioliniowej R-409M pokazano na rysunku 5.36.

Współczynnik zysku anteny dla podzakresu B jest nie mniejszy niż 9 dB, a dla podzakresu C - nie mniejszy niż 14 dB, w całym podzakresie częstotliwości roboczych.

Anteny te rozwijane są na 20 m maszcie półteleskopowym.



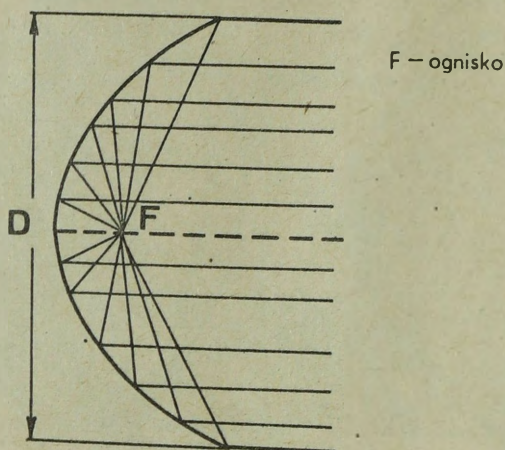
Rys.5.36. Charakterystyki kierunkowe anteny reflektorowej stacji radiolinowej R-409M w płaszczyźnie "E":  
a/ dla podzakresu B;  
b/ dla podzakresu C

#### 5.4.8.3. Antena z reflektorem parabolicznym

Chcąc uzyskać w zakresie UKF zysk większy od 20 dB, buduje się anteny z reflektorami parabolicznymi. Mają one przewagę nad dotychczas omawianymi antenami reflektorowymi, gdyż posiadają prostszy sposób zasilania i większą sprawność oraz lepsze wykorzystanie apertury fizycznej. Zasadę działania anteny parabolicznej pokazano na rysunku 5.37.

W antenie parabolicznej w zasadzie wszystkie promienie odbite tworzą wiązkę równoległą. Tracona jest tylko ta część energii, która wypromieniowywana jest ze źródła /mieszczącego się w ognisku paraboli/ poza reflektor.

Antenę tego typu zastosowano w stacji radiolinowej R-404. Zbudowana jest z reflektora parabolicznego, promienników w postaci dipola półfalowego oraz kontrreflektora.

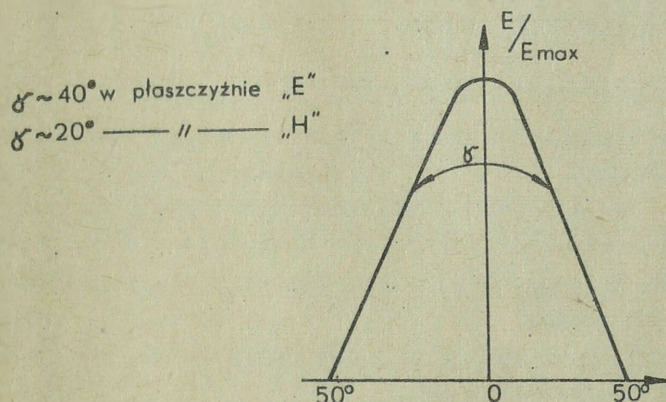


Rys.5.37. Odbicie promieni w paraboli

Charakterystyka kierunkowości dipola półfalowego w płaszczyźnie prostopadłej do jego osi ma kształt koła. Oznacza to, że w tej płaszczyźnie intensywność promieniowania w dowolnym kierunku od dipola jest jednakowa. W związku z tym reflektor odbijałby tylko część energii wypromieniowanej przez dipol, która skierowana jest bezpośrednio na jego aperturę. Natomiast pozostała część energii, padająca poza aperturę reflektora, nie brałaby udziału w tworzeniu wiązki kierunkowej i rozpraszająca się. Dlatego też z tyłu za dipolem umieszcza się kontrreflektor /wytworzony z metalowej tarczy/. Zadaniem jego jest odbijanie promieniowania dipola w stronę reflektora parabolicznego. Elementy oświetlające reflektor wraz z kontrreflektorem umieszczone są w urządzeniu zwanym promiennikiem. Składa się on z dwu wzajemnie prostopadłych dipoli półfalowych z urządzeniami symetryzującymi i kontrreflektora. W zależności od wyboru do pracy dipola półfalowego pionowego lub poziomego fala elektromagnetyczna posiada odpowiednią polaryzację. W wypadku zasilania dipola pionowego /fider zasilający antenę oznakowany kolorem białym/ fala jest spolaryzowana pionowo, natomiast w wypadku zasilania dipola poziomego /fider zasilający bez oznaczenia/ - fala spolaryzowana poziomo.

W reflektorze parabolicznym anteny stacji radioliniowej R-404 umie-

szczony jest dodatkowo wskaźnik promieniowania, przy pomocy którego w połączeniu z amperomierzem kontroluje się pracę toru nadawczego anteny. Antena paraboliczna tej stacji umieszczona jest na 30 m maszcie, który umożliwia zdalny jej obrót w zakresie  $\pm 125^\circ$  z szybkością  $20^\circ$  na minutę oraz kontrolę kąta obrotu. Wykres kierunkowości anteny przedstawiono na rysunku 5.38.



Rys.5.38. Wykres kierunkowości anteny parabolicznej stacji radioliniowej R-404 w płaszczyźnie E

W stacji radioliniowej R-404 obok anteny parabolicznej głównej o średnicy 1,5 m i zysku do 24 dB do łączności na skróconych odległościach /do 5 km/ oraz do badań laboratoryjnych wykorzystuje się antenę paraboliczną małowymiarową o średnicy 0,5 m i zysku ok. 13 dB.

#### 5.4.9. Antena prętowa /radioliniowa/

Antena prętowa /radioliniowa/ stosowana jest podczas pracy stacji radioliniowej w ruchu. Antenę stanowi dipol półfalowy umocowany na dachu nadwozia stacji radioliniowej, który jednocześnie spełnia rolę przeciwwagi. Szczegółowy opis i charakterystyki anteny prętowej przedstawiono w p. 3.5. Jednoczesna praca odbiornika i nadajnika na antenie prętowej jest możliwa tylko poprzez filtry antenowe.

Antena prętowa wykorzystywana jest w stacji radioliniowej R-405Z do łączności w podzakresie metrowym /"M"/. Długość dipola w tym wypadku wynosi 1,822 m. Podczas pracy R-405Z na antenie prętowej ze stacją znajdującą się na postoju /pracującą z anteną Yagi łącze półstacjonarne/ zasięgi łączności są następujące:

- 10 km - podczas pracy w układzie wielokanałowym /duplexe/ bez zastosowania bloku wzmacniacza mocy;
- 15 km - podczas pracy w układzie dwukanałowym i z zastosowaniem wzmacniacza mocy;
- 20 km - podczas pracy w układzie jednokanałowym /podczas odbioru jest wyłączony nadajnik/, bez zastosowania wzmacniacza mocy;
- 25 km - podczas pracy w układzie jednokanałowym i z zastosowaniem bloku wzmacniacza mocy.

#### 5.4.10. Antena cylindryczna /"granat"/

W wojskowych stacjach radioliniowych w zakresie częstotliwości 390 - 420 MHz do łączności w ruchu zastosowano antenę cylindryczną nazywaną również - ze względu na jej zewnętrzne podobieństwo do tego typu broni - anteną typu "granat". Jest to antena o dookólnej charakterystyce promieniowania, podobnej do charakterystyki kierunkowości dipola pionowego półfalowego.

Zastosowano ją do łączności w ruchu w radiolinii R-405 PT-1S instalowanej na wozach dowodzenia R-3M.

Zasięg łączności anteny w "łączy ruchomym" wynosi do 2 km, natomiast w "łączy półstacjonarnym" - do 10 km.

Wydrukowano w 50 egz.

Egz. nr 1-50-Bibl.Nauk.OZS

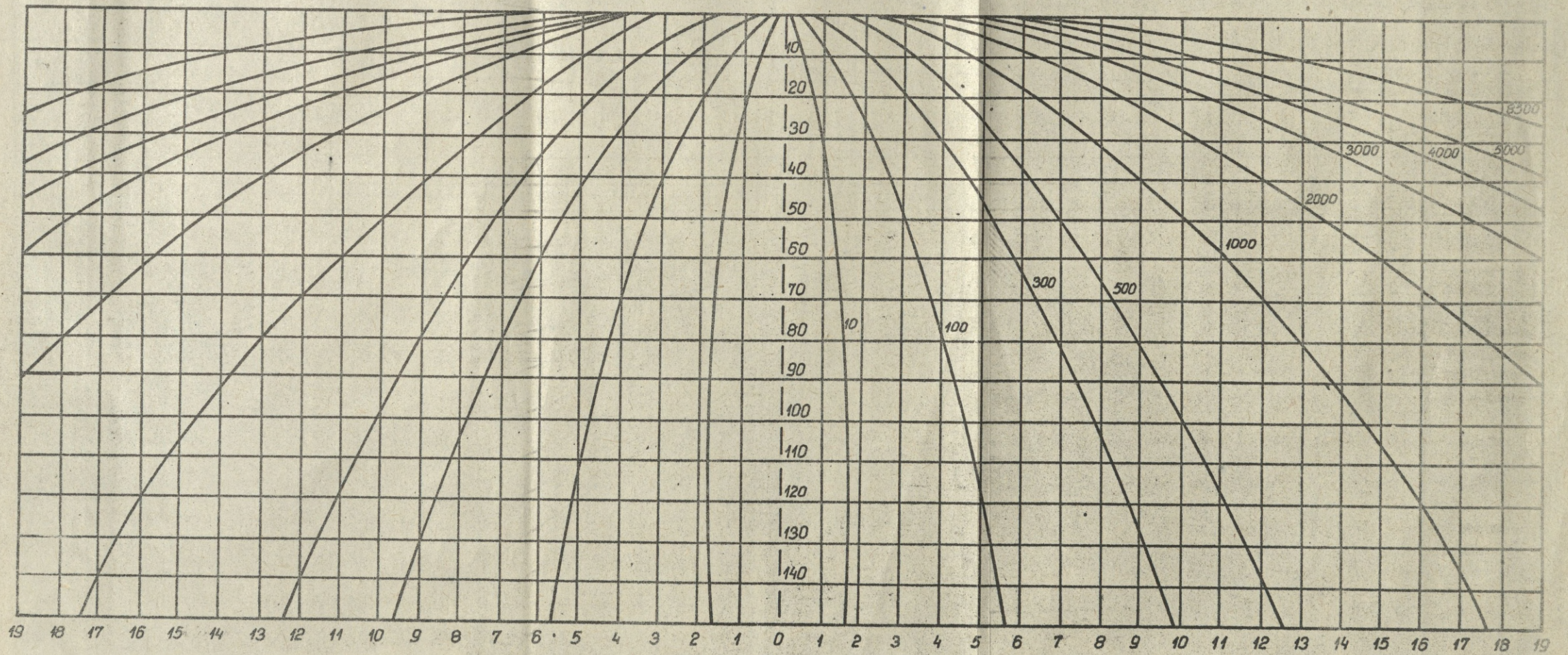
Wyk. mjr Poleski

Druk. JD i PK, dnia 24.9.1981 r.

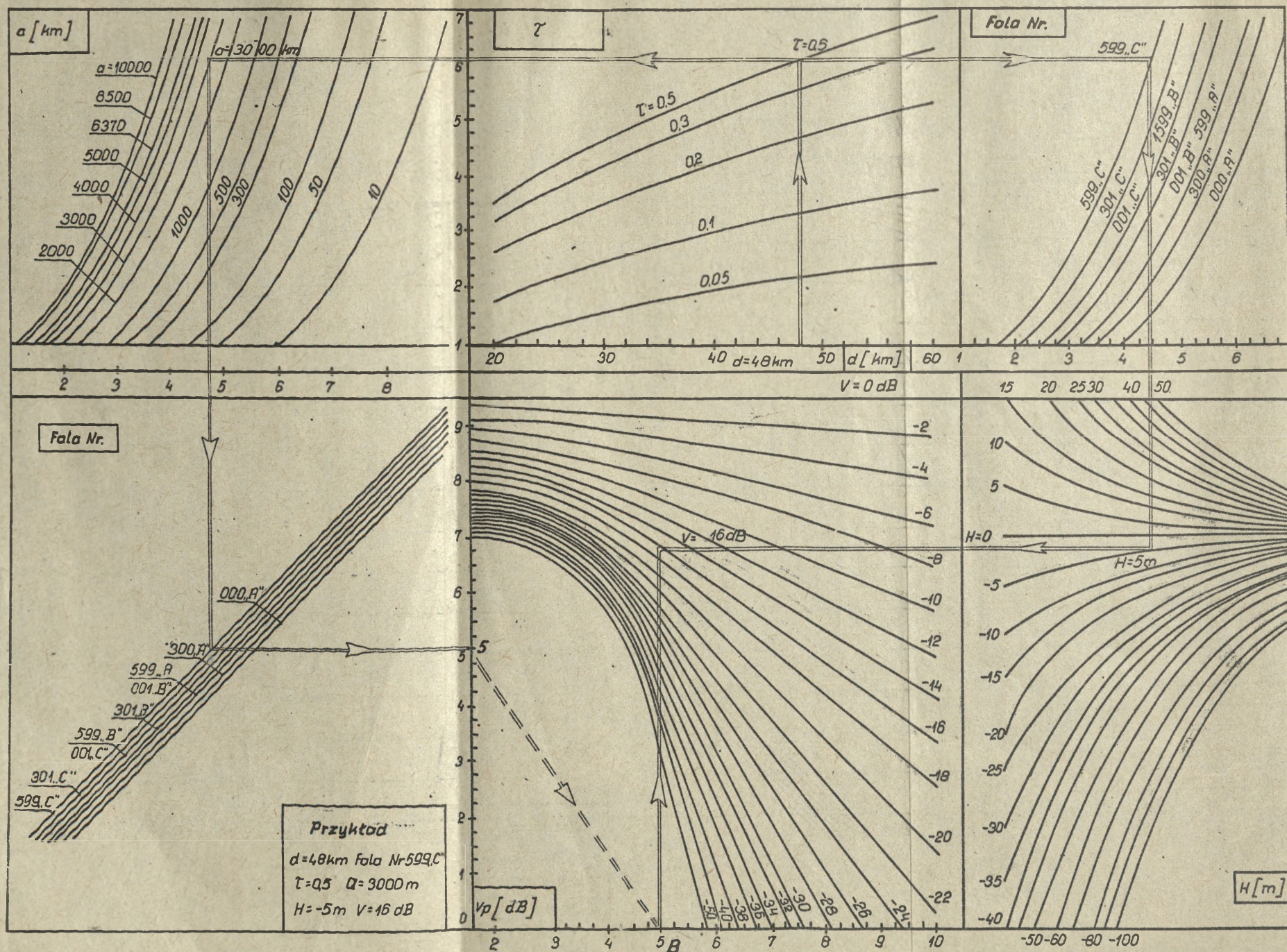
Druk. ASG WP nr PF-307/PF-940/WW

RODZINA KRZYWYCH APROKSYMACYJNYCH DO OKREŚLANIA  
PROMIENIA KRZYWIZNY PRZESZKODY TERENOWEJ

Załącznik 1

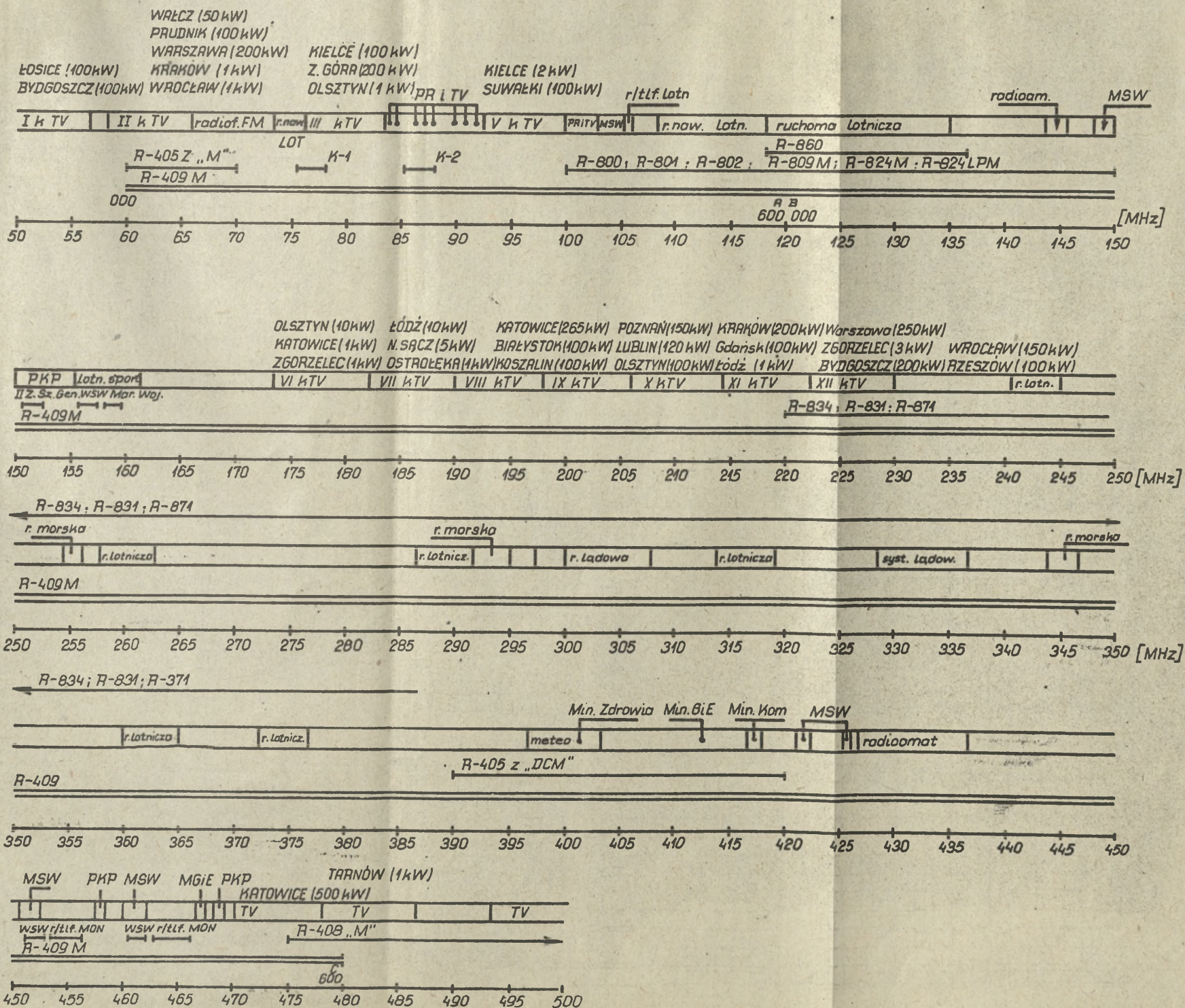


WYKRESY DO OKREŚLANIA WSPÓŁCZYNNIKA OSŁABIENIA NA  
ODCINKACH TRAS ZASŁONIĘTYCH I NA WPÓŁ ZASŁONIĘTYCH



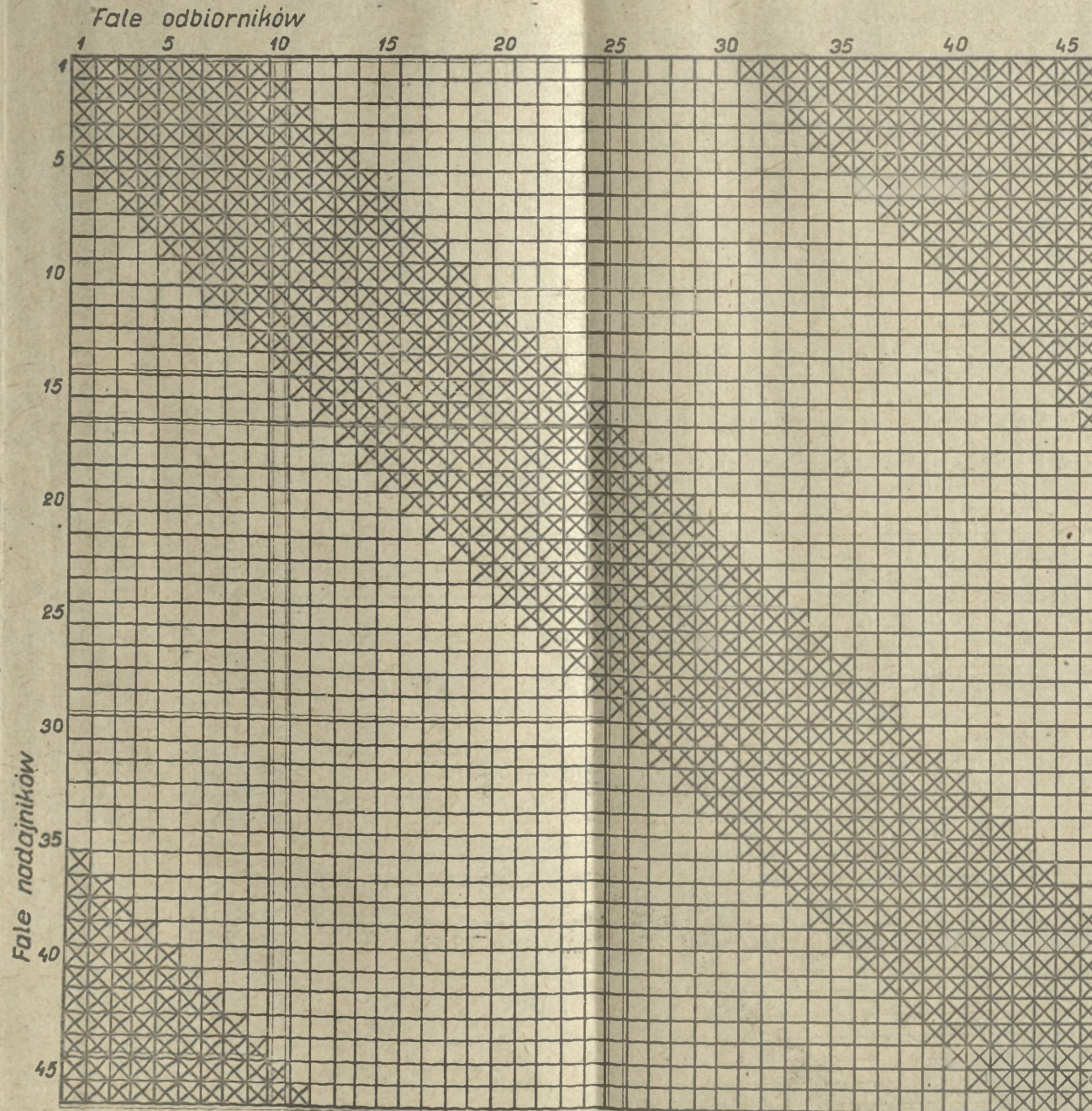
### TABELA ZAJĘTOŚCI ZAKRESU METROWEGO I DECYMETROWEGO

Załącznik 3



# NOMOGRAM DO WYZNACZANIA CZĘSTOTLIWOŚCI ROBOCZYCH DLA RADIOLINII R-404

ZALĄCZNIK 4



### Sposób posługiwania się nomogramem

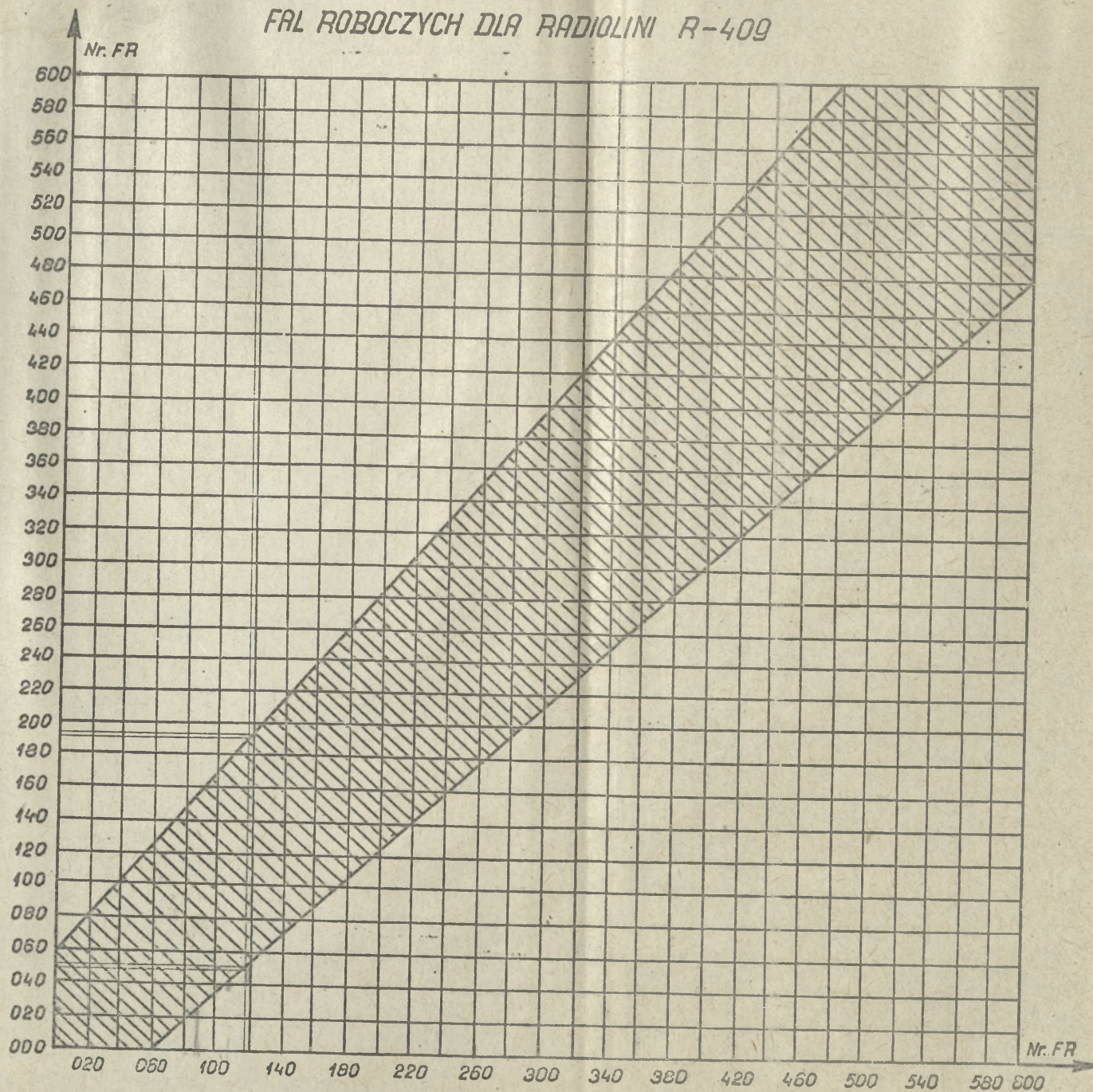
1. Numerowi częstotliwości odbiornika /nadajnika/ odpowiada odpowiedni numer paska nomogramu.
2. Przecięcie się pasków odpowiadających numerowi fali odbiornika i nadajnika nie może występować w zakreskowanym obszarze.

### Przykłady:

1. W wypadku wybrania dla odbiornika 10 numeru fali nadajnikowi możemy przydzielić numery fal: 1 oraz z przedziału 15+44.
2. W wypadku wybrania dla odbiornika 25 numeru fali nadajnikowi możemy przydzielić numery fal z przedziałów 1+16 i 29+46.

### NOMOGRAM DO WYZNACZANIA NUMERÓW FAŁ ROBOCZYCH DLA RADIOLINI R-409

ZALĄCZNIK 5

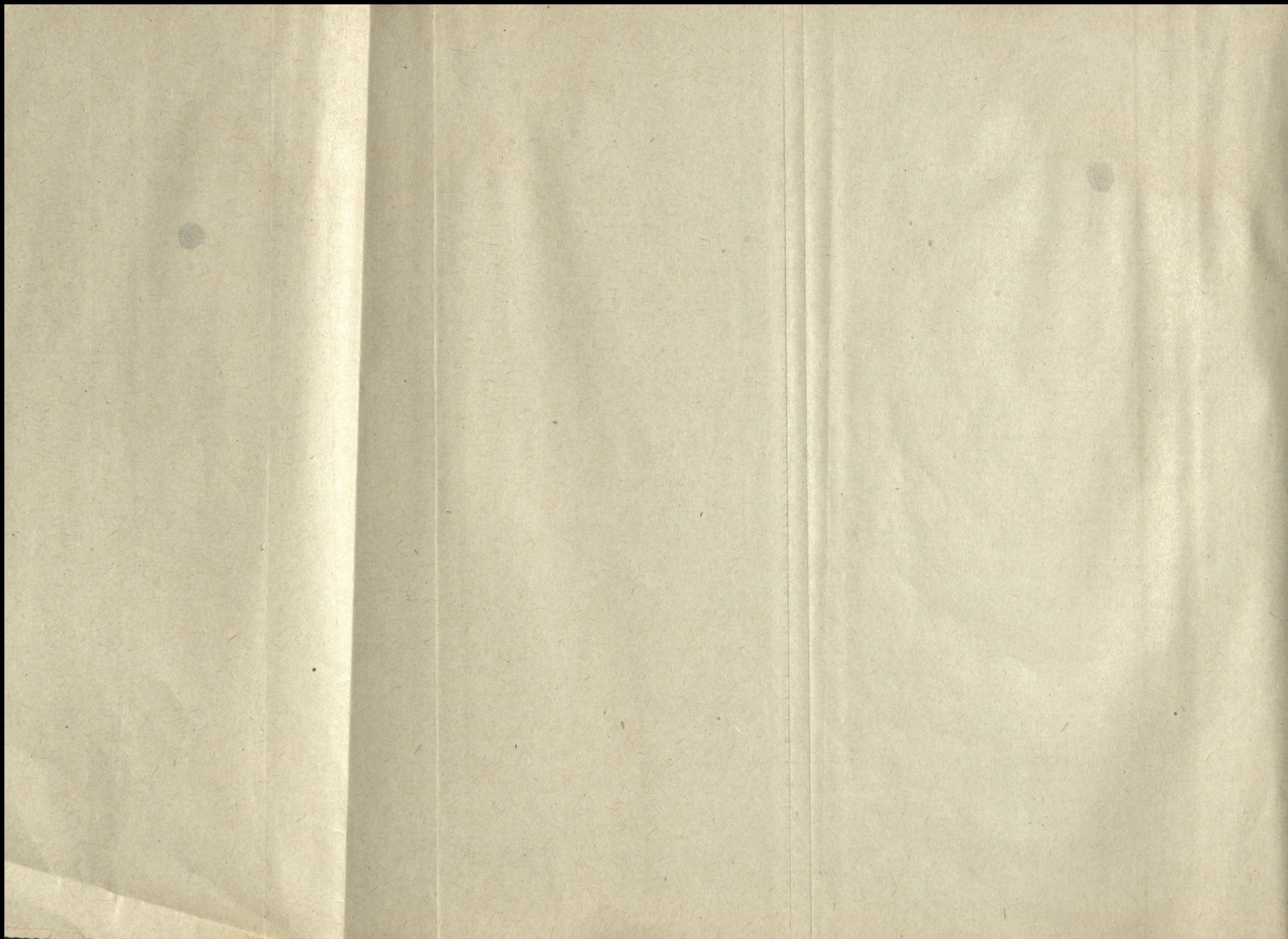


Sposób korzystania z nomogramu:

1. Obszar zakresowany nr FR - jest zabroniony dla nadajników.
2. Linia odpowiadająca numerowi fali odbiornika nie może przecinać się z linią odpowiadającą numerowi fali nadajnika w obszarze zakresowanym.

Przykład doboru częstotliwości

Przyjmując do pracy odbiornika numer fali 120, nadajnikowi można przydzielić numery fal w zakresie 000-054 i 196-600.



ZABRONIONE KOMBINACJE FAL ROBOCZYCH NADAJNIKA  
ZAKRESU "M" I ODBIORNIKA ZAKRESU "DCM"

Nr fali umownej nad. "M"	Nr fali umownej odb. "DCM"	Nr harmo- nicznej nad. "M"	Nr fali umownej nad. "M"	Nr fali umownej odb. "DCM"	Nr harmo- nicznej nad. "M"
87	1	6	123	54	6
89	3	6	125	57	6
91	6	6	127	60	6
93	9	6	129	63	6
95	12	6	131	66	6
97	15	6	133	69	6
99	18	6	135	72	6
101	21	6	137	75	6
103	24	6	139	78	6
105	27	6	141	81	6
107	30	6	143	84	6
109	33	6	145	87	6
111	36	6	147	90	6
113	39	6	149	93	6
115	42	6	151	96	6
117	45	6	153	99	6
119	48	6	21	101	7
121	51	6	-	-	-

WYKORZYSTANIE ANTENY DIPOL SYMETRYCZNY W RADIOSTACJACH  
WOJSKOWYCH

Typ radiostacji	Budowa anteny	Przeznaczenie anteny	Zakres częstotliwości	Rodzaj propagacji	Polaryzacja fali	Kierunkowość	Zasięgi	Uwagi
1	2	3	4	5	6	7	8	9
R-118 EMZ	ramiona 2x20 m 12 m maszt - dla anteny nadawczej 8,5 m maszt - dla anteny odbiorczej	- nadawcza - odbiorcza - praca na postoju	2-7,5 MHz	jonosferyczna	pozioma	wyraźna kierunkowość w płaszczyźnie prostopadłej do osi wzdłużnej dipola	do 800 km przy odpowiednim doborze częstotliwości pracy	stosować zasadniczo do pracy w kierunku /lub korespondentami rozmieszczonymi na kierunku promieniowania anteny/ radiowym z korespondentem odległym <u>ponad 100 km</u>
R-140M	ramiona 2x40 m maszt - 12 m	- nadawcza - praca na postoju	1,5-5 MHz	jonosferyczna	pozioma	wyraźna kierunkowość w płaszczyźnie prostopadłej do osi wzdłużnej dipola	przy odpowiednim doborze częstotliwości pracy do 1000 km /w zakresie 4,5-5 MHz do 2000 km/	stosować zasadniczo do pracy w kierunku radiowym /lub korespondentami rozmieszczonymi na kierunku promieniowania anteny/ z korespondentem odległym ponad 100 km
	ramiona 2x11 m maszt - 9 m	- nadawcza - praca na postoju	5-16 MHz	jonosferyczna	pozioma	- " -	przy odpowiednim doborze częstotliwości pracy w zakresie 5-10 MHz do 2500 km, w zakresie 10-16 MHz - do 1000 km	
	ramiona 2x13 m maszt - 9 m	- odbiorcza - praca na postoju	1,5-16 MHz	jonosferyczna	pozioma	- " -	-	
R-110	cztery ramiona dipole o długości 15 m maszt - 12 m	- awaryjna nadawcza - praca na postoju	5,26-24 MHz	jonosferyczna	pozioma	- " -	do 1000 km przy odpowiednim doborze częstotliwości	- " -
	ramiona 2x20 m dwa maszty-12 m	- odbiorcza - praca na postoju	1,5-10 MHz	jonosferyczna	pozioma	wyraźna kierunkowość w płaszczyźnie prostopadłej do osi wzdłużnej dipola w kierunku pionowym	odbiór sygnałów z odległości do 700 km	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
R-130 /w RD-115Z/	ramiona 2x40 m maszt-10 m	- nadawczo- odbiorcza - praca na postoju	1,5-5 MHz	jonosfe- ryczna	pozioma	wyraźna kierunkowość w płaszczyźnie pro- stopadłej do osi wzdłużnej dipola	nie mniej niż 350km przy odpowiednim doborze częstotli- wości pracy	stosować zasadniczo do pracy w kierunku ra- diowym /lub korespon- dentami rozmieszczo- nymi na kierunku pro- mieniowania anteny/ z korespondentem od- ległym ponad 100 km
	ramiona 2x15 m maszt-10 m	- nadawczo- odbiorcza - praca na postoju	5-10,99MHz					
R-102	ramiona 2x20 m 3 maszty 12-metrowe	- nadawcza - praca na postoju	2-7,5 MHz	jonosfe- ryczna	pozioma	wyraźna kierunkowość w płaszczyźnie pro- stopadłej do osi wzdłużnej dipola	do 1100 km przy od- powiednim doborze częstotliwości pracy	
	ramiona 2x20 m 2 maszty 12-metrowe	- odbiorcza - praca na postoju						

WYKORZYSTANIE ANTENY TYPU "T" W RADIOSTACJACH WOJSKOWYCH

Typ radiostacji	Budowa anteny	Przeznaczenie anteny	Zakres częstotliwości	Rodzaj propagacji	Polaryzacja	Kierunkowość	Zasięgi	Uwagi
R-118 BMZ	ramiona 2x20 m maszt 12 m	- nadawcza - praca na postoju	1-3 MHz	powierzchniowa	pionowa	minimalna kierunkowość wzdłuż ramion anteny	do 100 km	Wykorzystywać do pracy w sieci
R-140M	ramiona 2x40 m maszt 12 m	- nadawcza	1,5-2 MHz	powierzchniowa	pionowa	- " -	nie mniej niż 100 km	Wykorzystać do pracy w sieci
	ramiona 2x11 m maszt 9 m	- praca na postoju	2-4 MHz					
R-102	ramiona 2x20 m 3 maszty 12 m	- nadawcza - praca na postoju	1-3 MHz	powierzchniowa	pionowa	- " -	do 200 km	Wykorzystać do pracy w sieci

WYKORZYSTANIE ANTENY TYPU "V" W RADIOSTACJACH WOJSKOWYCH

Typ radiostacji	Budowa anteny	Przeznaczenie anteny	Zakres częstotliwości	Rodzaj propagacji	Polaryzacja fali	Kierunkowość	Zasięgi	Uwagi
R-140M	ramiona 2x46 m kąt rozwarcia ramion $\alpha=50^\circ$ maszt 12 m	- nadawcza - odbiorcza - praca na postoju	10-30 MHz	jonosferyczna	liniowa ukośna	- silna kierunkowość w płaszczyźnie dwusiecznej kąta - mały kąt elewacji $15^\circ + 20^\circ$	do 2500 km przy odpowiednim doborze częstotliwości pracy	Wykorzystywać do łączności w kierunku radiowym /korespondentami radiowymi rozmieszczonymi na kierunku promieniowania anteny/ na odległości ponad 1000 km
R-110	ramiona 2x120 m kąt rozwarcia ramion: = $35^\circ$ - dla $12 \div 24$ MHz = $50^\circ$ - dla $6 \div 12$ MHz = $70^\circ$ - dla $3 \div 6$ MHz	- nadawcza - praca na postoju	3-24 MHz	jonosferyczna	liniowa ukośna	- silna kierunkowość w płaszczyźnie dwusiecznej kąta - mały kąt elewacji około $10^\circ$	do 3000 km przy odpowiednim doborze częstotliwości pracy	

WYKORZYSTANIE ANTENY PRĘTOWEJ W RADIOSTACJACH, STACJACH RADIOLINIOWYCH  
I RADIOTELEFONACH WOJSKOWYCH

Typ radiostacji	Budowa anteny	Przeznaczenie anteny	Zakres częstotliwości	Rodzaj propagacji	Polaryzacja fali	Kierunkowość	Zasięgi	Uwagi
1	2	3	4	5	6	7	8	9
R-130	4 m /cztery kolanka po 1 m każde/	- nadawczo-odbiorcza; - do pracy na postoju i w ruchu;	1,5 ÷ 10,99 MHz	powierzchniowa	pionowa	- charakterystyka dookólna	- do 50 km w dzień na postoju i w ruchu; - do 20 km w nocy na postoju i w ruchu;	Największy zasięg na niższych częstotliwościach podzakresu
	10 m /6 m półteleskop + 4 m pręt/	- nadawczo-odbiorcza; - do pracy na postoju	1,5 ÷ 10,99 MHz	powierzchniowa	pionowa	- " -	- do 75 km w dzień; - do 30 km w nocy	
R-140M	4 m /zainstalowana na nadwoziu samochodu/	- nadawcza-odbiorcza - do pracy w ruchu	14 ÷ 30 MHz /odbiorcza od 1,5 MHz/	powierzchniowa	pionowa	- " -	- ok. 70 km /na podstawie przeprowadzonych doświadczeń/	- " -
	10 m /maszt półteleskopowy/	- nadawcza-odbiorcza - do pracy na postoju	4 ÷ 14 MHz	powierzchniowa	pionowa	- " -	- ok. 100 km /na podstawie przeprowadzonych doświadczeń/	
R-137	4 m - umieszczona na 12 m maszcie	- odbiorcza - do pracy na postoju	1,5 ÷ 30 MHz	przylębna	pionowa	- " -	- odbiór sygnału z odległości do 100 km /nadajnik R-140M/	- " -
	pręt 3 m	- nadawcza-odbiorcza - do pracy w ruchu	20-60 MHz	powierzchniowa	pionowa	- " -	- do 70 km	
R-102	pręt 4 m	- odbiorcza - praca w ruchu i na postoju	1 ÷ 8 MHz	powierzchniowa	pionowa	- " -	- odbiór sygnałów z odległości ok. 100 km /nadajnik R-102/	-
R-118 BMZ	pręt 4 m	- nadawcza-odbiorcza - praca w ruchu i na postoju	1 - 7,5 MHz	powierzchniowa	pionowa	- " -	- 30 - 70 km /nadajnik R-118 BMZ/ w zależności od częstotliwości pracy; - 30 km w ruchu;	Największy zasięg w podzakresie 1-3 MHz

1	2	3	4	5	6	7	8	9
R-107	elastyczna prętowa o wysokości 1,5 m	- nadawczo-odbiorcza	20 ÷ 52 MHz	powierzchniowa	pionowa	- charakterystyka dookólna	6 km	
	kombinowana o wysokości 2,7 m	- nadawczo-odbiorcza	20 ÷ 5 MHz	- " -	- " -	- " -	8÷10 km	W zależności od częstotliwości pracy
R-111	typ anteny - ASz - 3,4 m montowana na nadwoziu pojazdu	- nadawczo-odbiorcza - do pracy w ruchu	20 ÷ 52 MHz	- " -	- " -	- " -	25÷35 km	
	typ anteny - ASz - 3,4 m montowana na 11 m maszcie + przeciwwagi	- nadawczo-odbiorcza - do pracy na postoju	21,5÷52 MHz w zależności od częstotliwości zmienia się długość przeciwwag i wysokość anteny	typu ogólnego	- " -	- " -	- 35÷45 km dla łącza półstacjonarnego; - 50÷60 km dla łącza stacjonarnego	Największy zasięg na niższych częstotliwościach
R-123	4 m /z czterech kolanek/ 3 m /awaryjna/	- nadawczo-odbiorcza - do pracy w ruchu	20 ÷ 51,5 MHz	powierzchniowa	- " -	- " -	13-20 km /w zależności od włączenia tłumika szumów/	Na zmniejszonych odległościach można utrzymywać łączność na antenie krótszej lub awaryjnej
R-405Z	pręt o wysokości 1,822 m	- nadawczo-odbiorcza - do pracy w ruchu	60÷69,975 MHz	- " -	- " -	- " -	5 km	
K-1	- AD-S - wys. 0,5 m - przeciwwaga - nadwozie samochodu	- nadawczo-odbiorcza - do pracy w ruchu	75,275÷87,525 MHz	- " -	- " -	- " -	10 - 18 km w łączu ruchomym	
	- AD-1 /prętowa "koszowa" - przeciwwaga/ - maszt o wys. 6 m	- nadawczo-odbiorcza - do pracy na postoju /w ruchu bez masztu/	- " -	typu ogólnego	- " -	- " -	- 15/25 km - łącze półstacjonarne; - 34/40 km - łącze stacjonarne	Zasięg mniejszy przy włączonej blokadzie szumów

WYKORZYSTANIE ANTENY TYPU "PÓŁROMB PIONOWY" W RADIOSTACJACH WOJSKOWYCH

Typ radiostacji	Budowa anteny	Przeznaczenie anteny	Zakres częstotliwości	Rodzaj propagacji	Polaryzacja fali	Kierunkowość	Zasięgi	Uwagi
R-137	- przewód o długości 32 m, podwieszona w środku na wysokość ok. 14,5 m /12,6 m/	- nadawcza - odbiorcza - do pracy na postoju	20 ÷ 60 MHz	rozproszenie w troposferze	ukośna	- wzdłuż przewodu anteny - kąt odgięcia ok. 10°	- do 150 km	

WYKORZYSTANIE ANTENY PROMIENIOWANIA PIONOWEGO /APP/ W RADIOSTACJACH WOJSKOWYCH

Typ radiostacji	Budowa anteny	Przeznaczenie anteny	Zakres częstotliwości	Rodzaj propagacji	Polaryzacja fali	Kierunkowość	Zasięgi	Uwagi
R-140	- rury lub taśmy metalowe	- nadawczo-odbiorcza - praca na postoju i w ruchu	2 ÷ 12 MHz	- przyziemna - jonosferyczna	ukośna	- charakterystyka dookólna	200 ÷ 300 km /w zależności od częstotliwości pracy i rodzaju pracy/	
R-118K	- rury metalowe i taśma stalowa	- nadawcza - odbiorcza - do pracy na postoju i w ruchu	1,5 ÷ 7,5 MHz	- przyziemna - jonosferyczna	ukośna	- " -	od 150 ÷ 200 km /w zależności od rodzaju pracy/	
R-130 /R-3Z, RD-115Z/	- rury aluminiowe	- nadawczo-odbiorcza	1,5 ÷ 10,99 MHz	- przyziemna - jonosferyczna	ukośna	- lekka kierunkowość wzdłuż osi pojazdu	- do 100 km dla radiostacji na R-3Z; - do 350 km dla radiostacji na RD-115Z	O zasięgu decyduje odpowiedni dobór częstotliwości pracy

WYKORZYSTANIE ANTENY NIESYMETRYCZNEJ WIBRATOR OBJĘTOŚCIOWY W RADIOSTACJACH WOJSKOWYCH

Typ radiostacji	Budowa anteny	Przeznaczenie anteny	Zakres częstotliwości	Rodzaj propagacji	Polaryzacja fali	Kierunkowość	Zasięgi	Uwagi
R-137	<ul style="list-style-type: none"> <li>- wibrator /drażek nośny + 8 aluminiowych rur / - 3,9 m;</li> <li>- przeciwwagi /8 prętów o dł. 3 m/;</li> <li>- maszt o wysokości 14,4 m /12,6 m/</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nadawcza</li> <li>- odbiorcza</li> <li>- do pracy na postoju</li> </ul>	20 ÷ 60 MHz	rozproszenie w troposferze	pionowa	- charakterystyka dookólna	- do 80 km	Do łączności w sieci radiowej

WYKORZYSTANIE ANTENY TYPU "SKOŚNY PROMIEŃ" W RADIOSTACJACH WOJSKOWYCH

Typ radiostacji	Budowa anteny	Przeznaczenie anteny	Zakres częstotliwości	Rodzaj propagacji	Polaryzacja fali	Kierunkowość	Zasięgi	Uwagi
R-110M	- linka o długości 18 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>- odbiorcza</li> <li>- do pracy na postoju</li> </ul>	1,5 ÷ 24 MHz	odbiór fal przyziemnych i jonosferycznych	-	- dookólna charakterystyka	-	-
R-102	- linka o długości 20 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>- odbiorcza</li> <li>- do pracy na postoju</li> </ul>	1 ÷ 8 MHz	- " -	-	- " -	-	-
R-130	<ul style="list-style-type: none"> <li>- promień - 17 m</li> <li>- przeciwwaga - 10 m</li> <li>- promień jednym końcem zamieszczony na wysokości 6÷8 m, a przeciwwaga na wysokości 1 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nadawczo-odbiorcza</li> <li>- do pracy na postoju</li> </ul>	1,5÷10,99MHz	przyziemna	ukośna	- " -	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 75 km w dzień</li> <li>- 30 km w nocy</li> </ul>	-
R-118 BMZ	- linka o długości 15 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>- odbiorcza</li> <li>- do pracy na postoju</li> </ul>	1 ÷ 8 MHz	- " -	-	- " -	-	-
R-107	<ul style="list-style-type: none"> <li>- linka o długości 40 m</li> <li>- zawieszona jednym końcem na wysokości 5÷6 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nadawczo-odbiorcza</li> <li>- do pracy na postoju</li> </ul>	20 ÷ 52 MHz	- " -	ukośna	- " -	- do 25 km	-

WYKORZYSTANIE ANTENY FALI BIEŻĄCEJ W RADIOSTACJACH WOJSKOWYCH

Typ radiostacji	Budowa anteny	Przeznaczenie anteny	Zakres częstotliwości	Rodzaj propagacji	Polaryzacja fali	Kierunkowość	Zasięgi	Uwagi
R-110M	- linka o długości 250 m zawieszona na wysokości 3 m	- odbiorcza do pracy na postoju	3 ÷ 24 MHz	sferyczna	pozioma	- w kierunku przewodu anteny - kąt elewacji ok. 15°	- odbiór sygnałów z odległości ponad 1000 km	-
R-102	- linka o długości 200 m	- odbiorcza do pracy na postoju	1 ÷ 8 MHz	-przziemna -jonosferyczna	pozioma	- " -	-	-
R-118	- linka o długości 150 m	- odbiorcza do pracy na postoju	1 ÷ 8 MHz	przziemna	pozioma	- " -	-	-
R-107	- linka o długości 40 m zawieszona 1 m nad ziemią	- nadawczo-odbiorcza - praca na postoju	20 ÷ 52 MHz	przziemna	pozioma	- w kierunku przewodu anteny - kąt elewacji ok. 20°	- przy współpracy z podobną anteną odbiór sygnałów z odległości ok. 15 km	-



