

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP

WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OPK

ASG WP wewn. 3829/84

~~Do użytku służbowego~~
Egz. nr 14

Ppłk dypl. inż. Stanisław WIECZOREK
**TECHNICZNE ŚRODKI ŁĄCZNOŚCI
WOJSK LOTNICZYCH I OPK**
Część I. Podstawy teoretyczne

Skrypt

~~Biblioteka Główna
Akademii Obrony Narodowej
S/891 cz. 1
05-001160-002-0~~

WARSZAWA **61187** 1984



AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP

WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OPK

ASG WP wewn. 3829/84

~~Do użytku służbowego~~

in 14
Egz. nr

Ppłk dypl. inż. Stanisław WIECZOREK

TECHNICZNE ŚRODKI ŁĄCZNOŚCI WOJSK LOTNICZYCH I OPK

Część I. Podstawy teoretyczne

Skrypt

~~Biblioteka Główna
Akademii Obrony Narodowej~~

~~S/891 cz. 1~~



~~05-001160-002-0~~

WARSZAWA

1984

61187

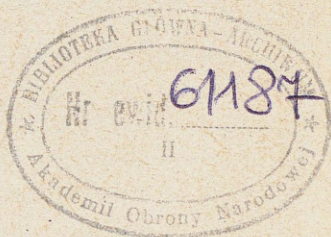
WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OPK

ASG WP wewn. 3829/84

Do użytku służbowego

Egz. nr ...

14



Ppik dypl.inż. Stanisław WIECZOREK

TECHNICZNE ŚRODKI ŁĄCZNOŚCI WOJSK LOTNICZYCH I OPK

Część I. Podstawy teoretyczne

S k r y p t



S p i s t r e ś c i

W s t ę p	3
1. PODSTAWOWE POJĘCIA Z ZAKRESU ŁĄCZNOŚCI	3
1.1. Ogólna charakterystyka środków łączności	3
1.2. Kanał łączności i jego parametry	5
1.3. Rodzaje łączności	9
2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA ŁĄCZNOŚCI PRZEWODOWEJ	13
2.1. Struktura połączeń w łączności przewodowej	13
2.2. Wielokrotny system teletransmisyjny	14
2.3. Zasada działania urządzeń telekoplowych	20
3. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA ŁĄCZNOŚCI BEZPRZEWODOWEJ	21
3.1. Właściwości propagacji fal radiowych	21
3.2. Wpływ wybuchów jądrowych na łączność radiową	24
3.3. Wykorzystanie fal radiowych w łączności wojskowej	28
3.4. Właściwości emisji jednowstęgowych	32
Z a k o ń c z e n i e	34
Wykaz literatury	35

W s t ę p

Współczesne środki łączności, są to - w przeważającej większości - skomplikowane elektroniczne urządzenia znajdujące szerokie zastosowanie w siłach zbrojnych. Znajomość ich możliwości determinuje prawidłowe wykorzystanie zależnie od potrzeb i konkretnej sytuacji.

Niniejszy skrypt zawiera teoretyczne wyjaśnienie podstawowych zjawisk, związanych z działaniem technicznych środków stosowanych w systemach łączności w wojsku. Ma on na celu ułatwienie zrozumienia funkcjonowania tych środków oraz usystematyzowanie wiadomości na ten temat.

Skrypt jest materiałem pomocniczym do nauki o systemach dowodzenia i łączności w wojskach lotniczych i obrony powietrznej kraju przeznaczony dla słuchaczy ASG WP.

1. PODSTAWOWE POJĘCIA Z ZAKRESU ŁĄCZNOŚCI

1.1. Ogólna charakterystyka środków łączności

Istotną cechą procesu dowodzenia wojskami jest utrzymywanie ciągłej więzi informacyjnej pomiędzy poszczególnymi organami systemu dowodzenia. Wiąż ta zespala system w jedną całość i umożliwia wzajemnie przekazywanie niezbędnych informacji zarówno w obrębie systemu, jak też na zewnątrz - do systemu nadrzędnego i systemów współdziałających.

Pod pojęciem informacji rozumiemy dowolny zbiór wiadomości, których źródłem pierwotnym jest obserwacja lub doświadczenie, przekazywanych od nadawcy do odbiorcy w odpowiednim kanale.

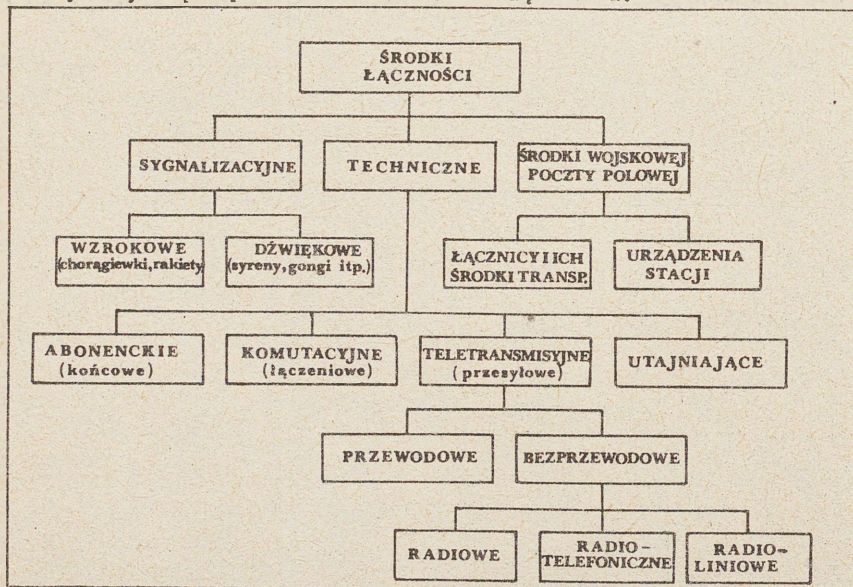
Informacjami w tym rozumieniu są więc komendy, meldunki i inne wiadomości cyrkulujące w systemach dowodzenia.

Elementarną jednostką ilości informacji jest jeden bit /skrót nazwy "binary digit" - jednostka dwójkowa/. Jest to taka liczba informacji, która eliminuje nieokreśloność przy wyborze jednego z dwóch jednakowo prawdopodobnych wyników. Przy przesyłaniu informacji metodą impulsową, liczba informacji równa jest liczbie impulsów.

Informacje przesyłane są określonymi drogami, t.j. kanalami łączności. Aby jednak informacja mogła być w danym kanale przekazana, jej postać musi być przystosowana do możliwości kanału - najczęściej

jest to przekształcenie informacji w sygnał elektryczny, w którym zmiany określonych parametrów elektrycznych odpowiadają zawartości informacji. Rolę przetworników informacji oraz wszelkie inne funkcje związane z ich nadawaniem, przekazywaniem i odbiorem spełniają środki łączności.

We współczesnych warunkach główną rolę w zapewnieniu łączności w wojskach odgrywają techniczne środki łączności i o nich będzie mowa w dalszej części skryptu. Podział tych środków może być dokonywany z różnych punktów widzenia. Podział prezentowany na rys. 1 uwzględnia istotę fizyczną i przeznaczenie środków łączności.



Rys. 1. Ogólny podział środków łączności

Urządzenia abonenckie /końcowe/ służą do przekształcania naturalnej postaci informacji /dźwięku, pisma, obrazu/ na sygnały elektryczne oraz umożliwiają na podstawie odebranych sygnałów elektrycznych odтворzenie pierwotnej postaci informacji.

Do urządzeń abonenckich zalicza się: aparaty telefoniczne, dalekopisy, aparaty telekoplowe, drukarki, monitory telewizyjne i in. Urządzenia abonenckie instalowane są, o ile to możliwe, w miejscach pracy dowódców i oficerów funkcyjnych stanowisk dowodzenia i sztabów lub w odpowiednio urządzonych i wyposażonych aparatowniach. Urządzenia te obsługiwane są najczęściej przez bezpośrednich użytkowników.

Urządzenia komutacyjne /łączeniowe/ - przeznaczone są do dokonywania jednorazowych /na czas trwania wymiany korespondencji/ lub długotrwałych /np. na czas trwania określonego etapu działań/ połączeń pomiędzy urządzeniami abonenckimi lub węzłami łączności. Urządzenia te instalowane są w stacjonarnych lub ruchomych aparatuwniach węzłów łączności i obsługiwane przez statowe obsługi.

Do urządzeń komutacyjnych zalicza się: telefoniczne łącznice wewnętrzne /obsługiwane ręcznie i automatycznie/, telefoniczne łącznice dalekosiężne, łącznice telegraficzne itp., a także krosownice, czyli urządzenia służące do zestawiania trwałych połączeń.

Urządzenia teletransmisyjne /przesyłowe/ - przeznaczone są do tworzenia określonych dróg transmisyjnych w celu przesyłania informacji. Do urządzeń tych zaliczane są środki przewodowe /wojskowe kable polowe, telekomunikacyjne linie kablowe, napowietrzne linie stałe, a także urządzenia zwielokrotniające, wzmacniające i in./ oraz bezprzewodowe /nadaźniki i odbiorniki radiowe, stacje radioliniowe, radiotelefony i in./.

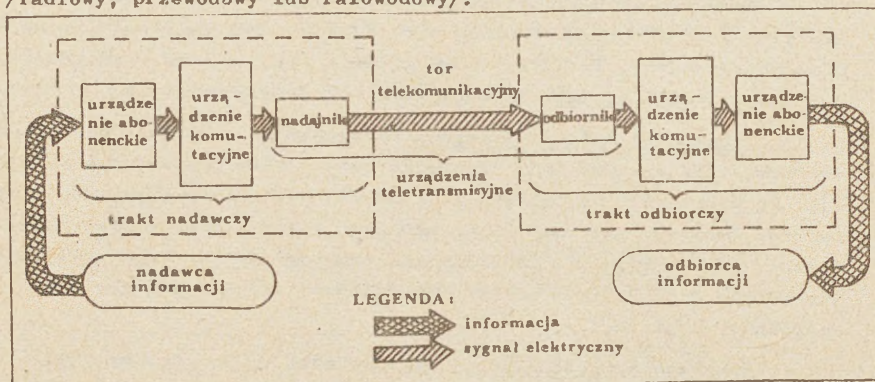
Urządzenia utajniające - przeznaczone są do automatycznego utajniania wiadomości przekazywanych za pomocą technicznych środków łączności poprzez celowe zniekształcenie przesyłanych sygnałów elektrycznych według określonego kodu, znanego wyłącznie osobom zajmującym się obsługą tych urządzeń. Urządzenia te rozmieszczane są w osobnych aparatuwniach, na zewnątrz których wyprowadzone są urządzenia abonenckie, przeznaczone wyłącznie do pracy w systemie łączności utajnionej. Należy przy tym dodać, że od strony abonenckiej /od urządzenia końcowego do utajniającego/ treść korespondencji nie jest utajniona i ze względu na możliwość podsłuchu linia abonencka przebiegać może wyłącznie w obrębie obiektu chronionego.

Prócz przedstawionego wyżej funkcjonalnego podziału technicznych środków łączności, często stosowany jest podział na grupy z punktu widzenia środków transmisyjnych. Rozróżnia się wówczas środki łączności radiowej, przewodowej i radioliniowej. Podział ten jest zgodny ze stosowanym w wojskach podziałem systemów łączności. Pamiętać jednak należy, że szereg urządzeń, np. abonenckich lub utajniających stosowanych może być zarówno w łączności radiowej, jak i przewodowej.

1.2. Kanał łączności i jego parametry

Wymienione na wstępie techniczne środki łączności służą do zes-

tawiania kanałów łączności. Ich miejsce w ogólnej strukturze kanału łączności przedstawia rys. 2. Zgodnie z tym rysunkiem, informacja zostaje w urządzeniu abonenckim przekształcona wstępnie na sygnał elektryczny, urządzenie komutacyjne skierowuje ten sygnał we właściwym kierunku, tj. do właściwego odbiorcy, zaś nadajnik nadaje mu takie właściwości, jakich wymaga zastosowany w kanale tor telekomunikacyjny /radiowy, przewodowy lub falowodowy/.



Rys. 2. Ogólny schemat kanału łączności

Kanał łączności stanowi zatem zespół urządzeń technicznych, zapewniających niezależne przekazywanie danej wiadomości w postaci odpowiednich sygnałów.

Sygnał elektryczny przekazywany w kanale łączności posiada szereg charakterystycznych parametrów, takich jak:

- szerokość zajmowanego pasma częstotliwości $[\Delta f_s]$,
- czas trwania sygnału $[\tau_s]$,
- energia sygnału /przewyższenie średniej mocy sygnału nad średnią mocą zakłóceń/ $[H_s]$.

Kanał łączności, ze względu na swe właściwości fizyczne jest w stanie przetransmitować skutecznie tylko te sygnały, których parametry mieszczą się w dopuszczalnym dla niego zakresie, ograniczonym wielkościami:

- szerokością pasma przepuszczania kanału $[\Delta f_k]$,
- czasem dostępności kanału dla korespondenta $[\tau_k]$,
- dopuszczalnym zakresie zmian mocy $[H_k]$.

Mówiąc bardziej obrazowo, warunkiem przekazania sygnału w danym kanale jest, żeby jego objętość $/V_s/$ nie przekraczała pojemności kanału $/V_k/$, czyli:

$$v_s \leq v_k, \quad /1.1./$$

gdzie: $v_s = \Delta f_s \cdot T_s \cdot H_s$,

$$v_k = \Delta f_k \cdot T_k \cdot H_k.$$

Charakterystykę kanału uzupełnia jego przepustowość, przez którą rozumiemy ilość wiadomości, która może być przekazana w jednostce czasu przy wymaganym stopniu dokładności przekazywania. Inaczej mówiąc, przepustowość jest to maksymalna możliwa prędkość przekazywania informacji, wyrażona w ilości bitów informacji na sekundę. W telegrafii jako jednostkę prędkości przyjęto jeden bod, t.j. taką prędkość, przy której w ciągu jednej sekundy nadaje się jeden bit informacji /elementarny impuls prądu/. Jest to tzw. prędkość modulacji telegraficznej:

$$v_m = \frac{1}{T_0} \quad [\text{bod}], \quad /1.2./$$

gdzie: T_0 - czas trwania elementarnego impulsu, w sekundach.

Od prędkości modulacji telegraficznej uzależnione jest pasmo częstotliwości, jakie przenosić musi kanał Δf_k , co wyraża kryterium Nyquista:

$$v_{m \max} = 2 \Delta f_k. \quad /1.3./$$

Przykładowe parametry, charakteryzujące wymagania stawiane kanałom łączności, zestawiono w tabeli 1.

Integralnym elementem kanału łączności, wiążącym ze sobą urządzenie nadawcze i odbiorcze jest tor telekomunikacyjny /patrz rys. 2/.

Tor telekomunikacyjny jest to urządzenie przesyłowe, umożliwiające przekazywanie energii elektromagnetycznej w kanale przestrzennym od jednego przetwornika energii do drugiego.

Tor telekomunikacyjny jest układem biernym, tzn. nie uczestniczy w procesie przetwarzania energii. W obecnym stanie techniki znane są cztery rodzaje torów telekomunikacyjnych: przewodowe, radiowe, falowodowe i światłowodowe. Różnią się one rodzajem zastosowanego nośnika energii.

Tabela 1.

Parametry kanałów łączności

Lp.	rodzaj kanału	prędkość przekazywania informacji		wymagane przewężenie [H _k]	wymagane pasmo częstotliwości
		słów/min	bodów	dB	Hz
1.	kanały radiowe /telegraf słuchowy/	20-50	15-20	4-5	100-120
2.	kanały przewodowe /dalekopis/	100-150	50-75	7-8	120
3.	kanały radiowe /dalekopis/	100-150	50-75	7-8	250-500
4.	kanały fototelegraficzne	60	200-3000	10-11	2400-3100
5.	kanały telefoniczne	120	-	17-18	3100
6.	kanały telekodowe	-	45-75	17-18	250-500
		-	600-1200	17-18	3100
		-	do 12000	17-18	12000
		-	do 48000	17-18	48000
7.	kanały telewizyjne	-	10 ⁷	13-14	6,5 · 10 ⁶

W łączności przewodowej nośnikiem energii jest linia kablowa lub napowietrzna, łącząca aparaturę przetwórczo-nadawczą z aparaturą przetwórczo-odbiorczą. Najbardziej natomiast znamiennej cechą toru radiowego jest właśnie brak potrzeby stosowania przewodów łączących ze sobą obie aparatury przetwórcze. Tor falowodowy posiada cechy wspólne obu poprzednim - urządzenia przetwórcze połączone są bowiem rodzajem przewodu, tj. falowodem, jednak w przewodzie tym przesyłane są fale elektromagnetyczne, podobnie jak ma to miejsce w torze radiowym. Podobnymi cechami jak tor falowodowy charakteryzuje się tor światłowodowy, tutaj jednak nośnikiem informacji jest zmodulowana wiązka światła laserowego.

Jedną z podstawowych cech charakterystycznych każdego toru telekomunikacyjnego jest pasmo częstotliwości sygnału elektrycznego, jakie dany tor może przetransmitować. Parametr ten decyduje o możliwości zastosowania danego toru dla potrzeb określonego kanału łączności.

W torze przewodowym symetrycznym /utworzonym np. z dwóch w zasadzie równoległych położonych przewodów/ mogą być przesyłane sygnały

o częstotliwościach: w liniach napowietrznych 0 - 150 kHz, w liniach kablowych 0 - 550 kHz. Wyższe częstotliwości są ograniczone zjawiskiem tłumienia sygnału oraz zjawiskiem przenikania energii z zewnątrz do toru /np. z innych torów linii wielotorowej/.

W torach telekomunikacyjnych przewodowych współosiowych /utworzonych z dwóch współosiowych przewodów - przewodu pełnego i rury/ możliwe jest przesyłanie sygnałów o częstotliwościach 60 kHz - 12,5 MHz. Wykorzystanie niższych częstotliwości jest ograniczone zjawiskiem przenikania energii do toru z zewnątrz, a większych - zjawiskiem tłumienia sygnału.

Tory radiowe umożliwiają wykorzystywanie fal radiowych o częstotliwościach 1 - 12 GHz. Większe częstotliwości są ograniczone tłumieniem sygnału, na które wpływają różne zjawiska odnoszące się do propagacji fal: rozproszenie, interferencja, refrakcja, absorbcja.

Tory falowodowe umożliwiają przesyłanie fal elektromagnetycznych o częstotliwościach rzędu setek megaherców, zaś światłowodowe przenoszą fale świetlne o długości rzędu $1 \mu\text{m}$ /t.j. częstotliwości setek THz/. Zarówno jednak tory falowodowe jak i światłowodowe w łączności wojskowej nie znajdują praktycznego zastosowania.

Sygnał elektryczny w torze telekomunikacyjnym, na skutek szeregu zjawisk fizycznych podlega tłumieniu. Wielkością wyrażającą tłumienie sygnału na dowolnym odcinku jego drogi jest tłumienność [A] określona jako logarytm stosunku dwóch wielkości, z których jedna odnosi się do początku danego odcinka drogi, a druga do końca tego odcinka. Wielkościami tymi mogą być: moc, napięcie lub prąd. Jednostką tłumienności jest *n e p e r* /Np/ lub *b e l* /B/. Jednostką dziesięć razy mniejszą od bela i częściej stosowaną jest *d e c y b e l* /dB/.

1.3. Rodzaje łączności

W procesie dowodzenia wojskami w kanałach łączności przekazywane są informacje różnego rodzaju. Prócz dźwięków mowy, znaków alfabetu telegraficznego, przesyłane są również obrazy ruchome lub nieruchome, sygnały telemetryczne itp. W związku z powyższym, w zależności od przekazywanej informacji wyróżnia się następujące rodzaje łączności:

a/ łączność telefoniczna - zapewniająca przesyłanie informacji słownych /dźwięków mowy/. Umożliwia ona najwygodniejszy, szybki i bezpośredni sposób porozumiewania się dowódców i oficerów

sztabu. Znajduje ona zastosowanie na wszystkich szczeblach dowodzenia. W pododdziałach informacje przekazują się niemal wyłącznie w kanałach łączności telefonicznej /radiowej lub przewodowej/.

Dźwięki mowy zajmują pasmo częstotliwości od 10 Hz do 10 kHz, w związku z czym wierne odtworzenie ich w aparaturze odbiorczej wymaga odpowiedniego pasma przepuszczania kanału łączności. Dla potrzeb telekomunikacji i zapewnienia wystarczającej zrozumiałości przekazywanych dźwięków mowy, przyjmuje się zwężone pasmo, od 300 do 3400 Hz;

b/ łączność telegraficzna

- słuchowa - stosowana do przekazywania informacji zakodowanej w postaci sygnałów alfabetu Morse'a. Nadawanie odbywa się na ogół za pomocą klucza telegraficznego, zaś odbiór - poprzez słuchawki lub głośnik. Kanałami przesyłowymi słuchowej łączności telegraficznej są obecnie wyłącznie kanały radiowe.

Zaletą tego rodzaju łączności jest stosunkowo wysoka odporność na zakłócenia /por. tab. 1./, zależna w dużej mierze od wyszkolenia telegrafistów. Do wad zaliczyć należy konieczność pośredniczenia w przekazywaniu wiadomości przez telegrafistów i spowodowane tym wydłużenie czasu;

- dalekopisowa - służy do przekazywania informacji pisemnej. Posiada szerokie zastosowanie w pracy sztabów, gdzie obieg pisemnej informacji jest duży. Nadana dalekopisem informacja jest udokumentowana pisemnie i może być przechowywana do dalszego wykorzystania /kopia wydrukowana jest przez dalekopis na taśmie lub arkuszu papieru/. Ten rodzaj łączności realizowany jest zarówno w kanałach łączności radiowej jak i przewodowej.

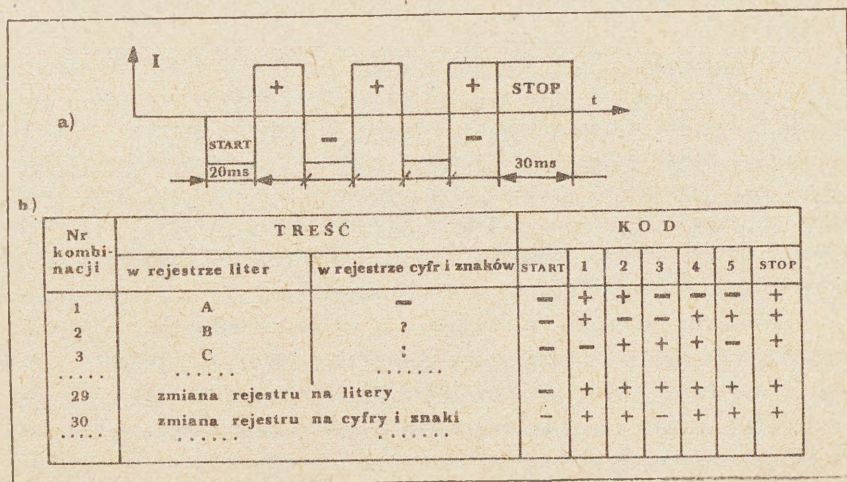
Stosowane w łączności wojskowej dalekopisy pracują za pomocą międzynarodowego alfabetu nr 2, w którym znaki pisma zakodowane są w postaci sygnałów składających się z pięciu impulsów. Za pomocą binarnych sygnałów, stanowiących kombinację pięciu impulsów można zakodować 32 różne znaki / $2^5 = 32$ /, zaś z zastosowaniem tzw. rejestrów - dwu- i trzykrotnie więcej. Umożliwia to nadawanie i odbiór liter łacińskich i rosyjskich, cyfr oraz znaków interpunkcji. Przykłady zakodowanych znaków przedstawia rys. 3.

Prócz impulsów zawierających przekazywaną informację, dalekopis wysyła sygnał rozruchowy /startowy/, uruchamiający odbiornik, oraz sygnał zatrzymujący /stopowy/, stanowiący zakończenie cyklu nadawania każdego znaku. W powszechnie stosowanych dalekopisach czas trwania

jednego impulsu wynosi 20 ms, sygnału startu 20 ms, zaś sygnału stopowego 30 ms. Oznacza to, że łączny czas nadawania jednego znaku wynosi 150 ms.

Powyzsze dane liczbowe charakteryzują prędkość modulacji telegraficznej, która w przedstawionym przykładzie wynosi:

$$V_m = \frac{1}{0,02s} = 50 \text{ bodów.}$$



Rys. 3. Zasada kodowania znaków za pomocą międzynarodowego alfabetu nr 2:

- a/ przebieg sygnału elektrycznego /na przykładzie litery "Y"/,
 b/ przykłady zakodowanych znaków.

Jest to znormalizowana prędkość modulacji, przyjęta przez wszystkie państwa europejskie. Istnieją tendencje do zwiększania tej prędkości do 75, 100, a nawet 200 bodów, co umożliwia zwiększenie prędkości telegrafowania. W urządzeniach transmisji danych oraz w automatyzowanych systemach dowodzenia stosuje się prędkości modulacji 200, 600, 1200, a nawet więcej bodów. Wiąże się to ze zwiększeniem szerokości pasma przepuszczania kanału telegraficznego, zgodnie z kryterium Nyquista /wzór 1.3./.

Prędkość telegrafowania wyraża się ilością znaków nadanych w ciągu godziny:

$$V_t = \frac{3600}{t_z} \quad , \quad /1.4./$$

gdzie: t_z - czas nadawania jednego znaku, w sekundach.

$$\text{W naszym przypadku } V_t = \frac{3600}{150 \cdot 10^{-3}} = 24000 \text{ znaków/godz.}$$

Jest to prędkość teoretyczna, wynikająca z technicznych możliwości aparatu dalekopisowego - tzw. teoretyczna wydajność dalekopisu, możliwa do osiągnięcia przy zastosowaniu automatycznych nadajników. Dobrze wyszkolony telegrafista jest w stanie nadać około 10000 znaków na godzinę;

c/ łączność telekopiowa - zwana również telegrafią faksymilową, telegrafią kopiową, symilografią, fototelegrafią - jest działem łączności telegraficznej mającym za zadanie przekazywanie na odległość - przez sygnały elektryczne - obrazów nieruchomych, fotografii, map, rysunków, szkiców oraz dokumentów tekstowych napisanych w dowolny sposób. W miejscu odbioru otrzymuje się dostatecznie dokładną kopię /powtórzenie/ nadanego obrazu z zachowaniem rysunku i stopnia jasności jego fragmentów.

Technika telekopii polega na: 1/ analizie świetlnej obrazu i wytworzeniu odpowiedniego sygnału elektrycznego, 2/ transmisji sygnału, 3/ syntezie obrazu na podstawie otrzymanego sygnału.

W łączności telekopiowej można wydzielić: fototelegrafię /zapis odieni/ i telekopię z zapisem dwutonowym /czarno-białym/;

d/ łączność telewizyjna - umożliwia przesyłanie na odległość obrazów ruchomych i nieruchomych. Za pomocą urządzeń telewizyjnych można przekazywać informacje z pola walki, a także obrazy dokumentów bojowych /map, szkiców itp./.

W obecnej praktyce wojsk lotniczych i OPK łączność telewizyjna wykorzystywana jest w zasadzie jako uzupełnienie łączności wewnętrznej na stanowiskach dowodzenia;

e/ łączność teledatacyjna - przeznaczona do przekazywania informacji pisemnej, utrwalonej uprzednio na taśmach lub kartach perforowanych w systemie binarnym. Ten rodzaj łączności znajduje zastosowanie przede wszystkim w zautomatyzowanych systemach dowodzenia dla przekazywania informacji między FMC lub między tymi maszynami a odbiorcami informacji. Stosowane zautomatyzowane systemy dowodzenia przystosowane są do przekazywania informacji z prędkościami 45, 50, 75, 600 i 1200 bodów;

f/ łączność telemetryczna - przeznaczona do przekazywania na odległość wyników pomiarów, np. z czujników pomiarowych.

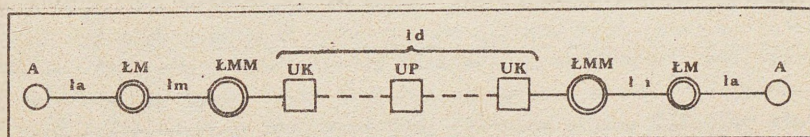
do wskaźników. Informacje zawierające te wyniki mogą mieć postać analogową lub binarną. Przykładem łączności telemetrycznej jest przekazywanie na pokład samolotu myśliwskiego komend w zautomatyzowanym systemie naprowadzania, które odwzorowywane są na wskaźnikach przyrządów pilotażowych.

2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA ŁĄCZNOŚCI PRZEWODOWEJ

2.1. Struktura połączeń w łączności przewodowej

Zasadniczymi elementami dowolnego kanału zarówno w łączności przewodowej, jak i bezprzewodowej są, jak już powiedziano, urządzenia: abonenckie, transmisyjne i komutacyjne. W zależności od rodzaju łączności, odległości, ważności połączenia - mogą w nim występować wszystkie wymienione elementy lub tylko ich część. Pełne wyposażenie ma miejsce w łączności telefonicznej i telegraficznej typu porozumiewawczego, której celem jest zapewnienie dwukierunkowej wymiany informacji między dowolnymi abonentami.

Kompletne połączenia dalekosiężne /międzydzielnicowe/ łączności /rys. 4/ zawiera oprócz urządzeń abonenckich i komutacyjnych urządzenia transmisyjne zwane łączami, umożliwiające przesyłanie sygnałów od aparatu końcowego do łącznicy miejscowej i odwrotnie oraz między łącznicami międzydzielnicowymi.



Rys. 4. Schemat połączenia dalekosiężnego:

A - abonent, ŁM - łącznica miejscowa, ŁMM - łącznica międzydzielnicowa, Ia - łącze abonenckie, Im - łącze międzydzielnicowe, Id - łącze dalekosiężne, UK - urządzenie przelotowe.

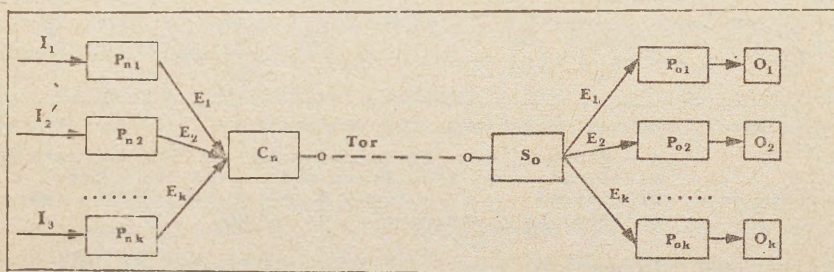
Łącza abonenckie i międzydzielnicowe, pod względem wyposażenia technicznego, są na ogół bardzo proste i tworzone prawie wyłącznie z toru przewodowego. W niektórych tylko przypadkach, jeżeli tłumienność łącza jest na tyle duża, że obniża znacznie jakość transmisji telefonicznej, stosuje się urządzenia wzmacniające, wykonane najczęściej na tranzystorach i oparte na zasadzie wtarcenia w tor oporności ujemnej. Urządzenia te nazywa się odłumnikami.

Długość łącza dalekosięznego może być bardzo duża, przy czym tłumienie toru przesyłowego może być tak znaczna, że nie będzie możliwe odtworzenie sygnału na przeciwległym końcu łącza. Wówczas wzdłuż toru umieszcza się urządzenia wzmacniające, zwane wzmacniakami. Wzmacniak taki, oprócz wzmocnienia sygnału, usuwa również zniekształcenia, jakim ulega sygnał w trakcie przesyłania. Wzmacniaki umieszcza się w łączu w taki sposób, żeby nie przekroczyć dopuszczalnego stosunku sygnału użytecznego do szumów.

2.2. Wielokrotny system transmisyjny

Przy wzroście zapotrzebowania na liczbę łączy dalekosiężnych w jednej relacji, nie bez znaczenia są koszty budowy torów przewodowych i ich eksploatacji, które wynoszą ponad 90 % ogólnych kosztów jednego łącza. Z tego względu, w celu zmniejszenia kosztu toru przypadającego na jedno łącze, przystosowuje się tory do jednoczesnego przesyłania kilku, kilkunastu, kilkuset lub kilku tysięcy sygnałów jednego rodzaju łączności. Cel ten osiąga się za pomocą urządzeń zwielokrotniających.

Przy wielokrotnym wykorzystaniu toru każda informacja musi być przesyłana we własnym kanale teletransmisyjnym. Zasadniczym warunkiem przy tym jest niezależność transmisji każdej informacji przekazywanej we wspólnym torze. Zasadę tworzenia wielokrotnego systemu teletransmisyjnego wyjaśnia rys. 5.



Rys. 5. Zasada tworzenia wielokrotnego systemu teletransmisyjnego:

I - informacja nadawana, P_n - przetwornik nadawczy,
 E - sygnał elektryczny, C_n - cechownik, S_o - selektor,
 P_o - przetwornik odtwarzający, O - odbiornik informacji.

Informacje I_1, I_2, \dots, I_k po przetworzeniu na sygnały elektryczne E_1, E_2, \dots, E_k w przetwornikach $P_{n1}, P_{n2}, \dots, P_{nk}$ zostają w cechowniku C_n odpowiednio nacechowane i skierowane w tor. Na drugim końcu toru selektor S_0 rozróżnia sygnały przyporządkowane poszczególnym informacjom i kieruje je poprzez przetworniki odtwarzające $P_{o1}, P_{o2}, \dots, P_{ok}$ do odpowiednich odbiorników O_1, O_2, \dots, O_k .

Przesyłanie w ten sposób sygnałów jest możliwe w tym przypadku, jeżeli sygnały w torze będą różnić się między sobą amplitudami, częstotliwościami lub fazami /t.j. nacechowane odpowiednimi cechami/. Można również rozdzielić te sygnały w czasie.

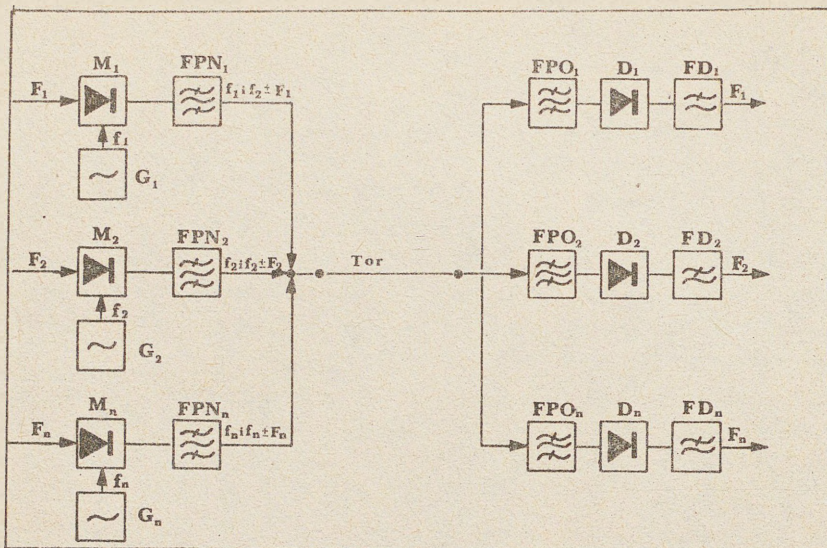
Najszersze zastosowanie znalazła metoda zwielokrotnienia toru zwana selekcją częstotliwości, w której wykorzystuje się różne częstotliwości przesyłanych sygnałów.

Urządzenia przetwarzające dają sygnały elektryczne, w których widma częstotliwości pokrywają się. Choć przesłać kilka sygnałów bez wzajemnego zakłócania się, trzeba poszczególnie sygnały przesunąć w różne zakresy częstotliwości. Zadanie to jest realizowane za pomocą modulatorów, zaś po stronie odbiorczej - demodulatorów. Zasadę częstotliwościowego zwielokrotnienia toru ilustruje rys. 6.

Po stronie nadawczej każdy sygnał F_n doprowadzony jest do swego modulatora M_n , do którego z generatora G_n przychodzi sygnał o częstotliwości f_{on} : nazywany sygnałem nośnym lub sygnałem o częstotliwości nośnej. W wyniku modulacji widmo danego sygnału zostaje przesunięte w zakres większych częstotliwości. Filtr pasmowy nadawczy FPN_n obcina nieużyteczne produkty modulacji i kieruje sygnał w tor. Po stronie odbiorczej filtr pasmowy odbiorczy FPO_n wydziela sygnał właściwy dla danego kanału, przekazuje go do demodulatora D_n , gdzie ulega on demodulacji. Za pomocą filtra dolnoprzepustowego FD_n sygnał sdemodulowany skierowany jest do odbiorczego urządzenia przetwarzającego.

Współczesne systemy wielokanalowej telefonii nośnej wykonywane są na podstawie znormalizowanego układu 12-kanałowego, zwanego podstawową grupą 12-kanałową, w której za pomocą prądów nośnych o częstotliwościach 64, 68, 72, ..., 108 kHz dokonuje się przemianę pasm częstotliwości akustycznej dwunastu kanałów w pierwotną 12-kanałową grupę, w paśmie częstotliwości 60 do 108 kHz.

Wypożyczenie każdego łącza składa się z układu rozwidlającego UR /rys. 7a/, który prądy rozmowne przychodzące z aparatu telefonicznego kieruje do zespołu nadawczego, zaś prądy przychodzące z zespołu odbiorczego - do aparatu telefonicznego.



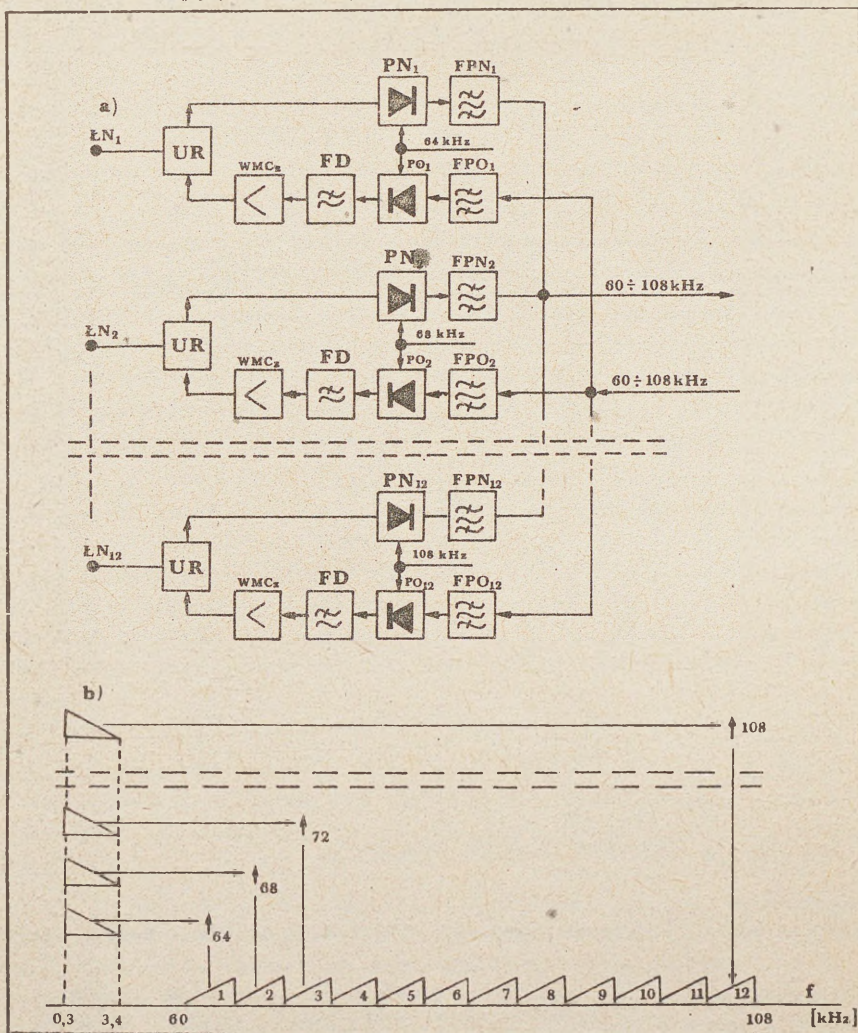
Rys. 6. Uproszczony schemat blokowy wielokrotnienia toru metodą selekcji częstotliwościowej:

M - modulator, G - generator napięcia nośnego, FPN - filtr pasmowy nadawczy, FPO - filtr pasmowy odbiorczy, D - demodulator, FD - filtr dolnoprzepustowy, F - częstotliwość sygnału akustycznego, f - częstotliwość napięcia nośnego.

Zespół nadawczy składa się z przesuwnika nadawczego FN /rodzaju modulatora/, do którego doprowadzone jest napięcie nośne o odpowiedniej dla danego kanału częstotliwości. Ze zmodulowanego sygnału wydzielona się za pomocą filtra pasmowego FPN dolne pasmo boczne, które kierowane jest w tor przesyłowy lub do dalszych układów, w przypadku urządzeń telefonii nośnej o większej krotności. Ponieważ wszystkie nadawcze filtry kanałowe połączone są równolegle, więc w torze przesyłowym uzyskuje się widmo częstotliwości 12 kanałów telefonicznych /rys. 7b/. Sumaryczne widmo tych 12 kanałów rozciąga się w zakresie częstotliwości od 60 do 108 kHz. Przesunięcie kanałów w niższy zakres częstotliwości wymaga zastosowania jeszcze jednego stopnia przemiany /jak np. w urządzeniu P-304/.

Zespół odbiorczy zawiera filtr pasmowy FPO, który z widma częstotliwości 60-108 kHz wybiera właściwy sygnał i kieruje go na przesuwnik odbiorczy PO, do którego doprowadzony jest sygnał nośny o częstotliwości właściwej dla danego kanału. Po przesunięciu widma w zakres naturalny, wydzielona się go za pomocą filtra dolnoprzepustowego FD, wzmac-

nia we wzmacniaczu małej częstotliwości /WMCz/ i następnie poprzez układ rozwidlający UR kieruje do aparatu telefonicznego abonenta.

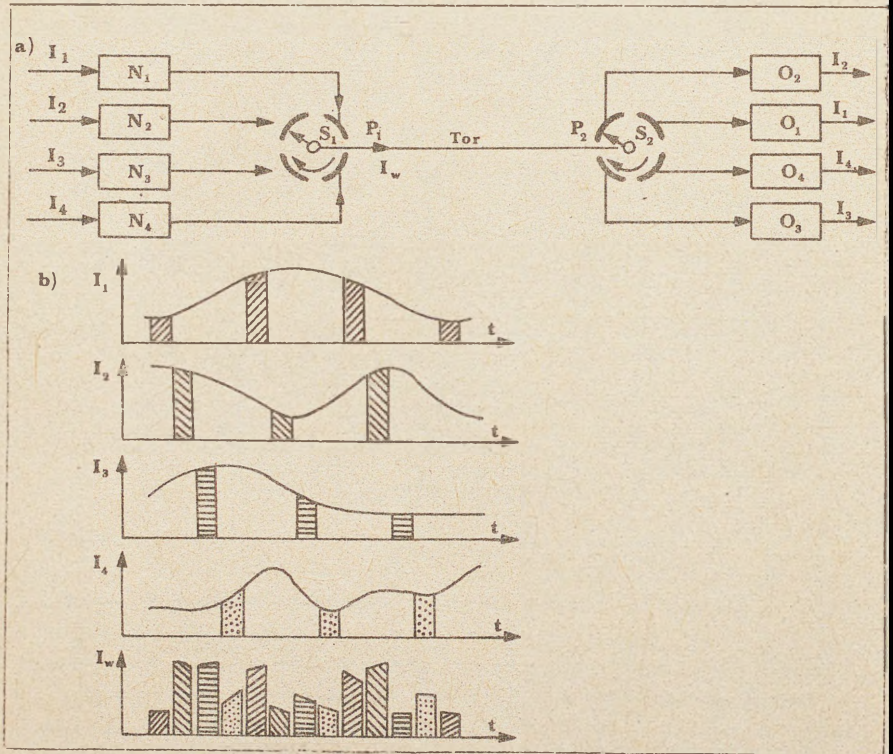


Rys. 7. Podstawowa grupa 12-kanalowej telefoni nośnej:

- a/ schemat blokowy: LN - łącze nośne, UR - układ rozwidlający, PN - przesuwnik nadawczy, FPN - filtr pasmowy nadawczy, WMCz - wzmacniacz małej częstotliwości, FD - filtr dolnoprzepustowy, PO - przesuwnik odbiorczy, FPO - filtr pasmowy odbiorczy;

- b/ plan modulacji.

Wraz z rozwojem elektroniki coraz częściej stosuje się metodę zwielokrotnienia opartą na zasadzie selekcji czasowej. W metodzie tej poszczególne przetworniki informacji podłączone są kolejno do toru na pewien krótki przeciąg czasu. Istotę zwielokrotnienia czasowego wyjaśnia rys. 8.



Rys. 8. Zasada zwielokrotnienia toru metodą selekcji czasowej:

a/ uproszczony schemat blokowy;

b/ przebiegi sygnałów w poszczególnych nadajnikach i odbiornikach oraz sygnał wypadkowy w torze:

N - nadajnik, P - przełącznik, S - szczotka, O - odbiornik, I - informacja.

Nadajniki N_n i odbiorniki O_n podłączone są do odpowiednich sektorów przełączników: nadawczego P_1 i odbiorczego P_2 , po których przesuwają się synchronicznie i synfazowo szczotki S_1 i S_2 , połączone

z torom przesyłowym. Obracające się szczotki łączą poprzez sektory przełączników na krótki czas odpowiedni nadajnik z odbiornikiem, w wyniku czego w tor zostaje wysłany sygnał w postaci impulsu. W podobny sposób kolejno łączone są pozostałe nadajniki i odbiorniki, po czym następuje nowy cykl połączeń. W rezultacie sygnał, np. telefoniczny, będzie wysyłany w postaci impulsów o pewnej częstotliwości powtarzania f_0 . Między dwoma kolejnymi impulsami danej transmisji, np. I_1 , znajdować się będą impulsy pozostałych transmisji I_2 , I_3 i I_4 /rys.8b/.

Najbardziej złożonym elementem urządzeń zwielokrotnienia czasowego jest przełącznik, który w odniesieniu do sygnałów o szerszym widmie może być zrealizowany wyłącznie za pomocą układów elektronicznych.

Oprócz omówionych metod zwielokrotnienia znana jest również metoda selekcji fazowej, która polega na tym, że podczas odbioru sygnałów jednej transmisji konieczne jest stłumienie lub znaczne osłabienie sygnałów innych transmisji, wykorzystując w tym celu stosunki fazowe między składowymi tworzącymi widma poszczególnych sygnałów.

Specyfika urządzeń zwielokrotniających i wzmacniających, których zasada działania jest jednakowa dla wszystkich rodzajów łączności, wynika z charakteru przesyłanych sygnałów oraz warunków jakości transmisji. W łączności telefonicznej zależy głównie na przesłaniu określonej liczby składowych częstotliwości sygnałów, natomiast wpływ zniekształceń fazowych nie jest tu istotny. Zniekształcenia fazowe odgrywają z kolei istotną rolę w transmisji telegraficznej lub fototelegraficznej.

Za pomocą urządzeń zwielokrotniających w sposób elektryczny tworzy się jak gdyby dodatkowe łącza do przesyłania informacji. Uzyskane w ten sposób łącza nazywa się łączem nośnym telefonicznym, telegraficznym itp. Przesyłanie sygnału w widmie naturalnym nazywa się łączem naturalnym.

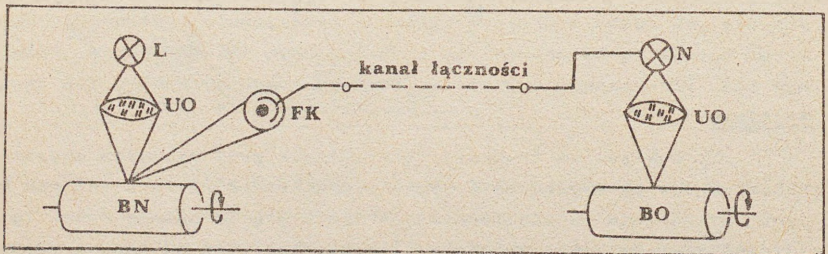
Ze względu na trudność rozdzielenia przy wyższych częstotliwościach prądów przesyłanych w tym samym zakresie, lecz w różnych kierunkach, urządzenia zwielokrotniające łączy się za pomocą dwóch torów /dla każdego kierunku transmisji osobny tor/ lub na jednym wspólnym torze tworzy się dwa odrębne kanały, leżące w różnych zakresach częstotliwości. Wówczas jeden kanał służy do przesyłania informacji z jednego punktu do drugiego, drugi zaś - do przesyłania informacji w kierunku przeciwnym.

2.3. Zasada działania urządzeń telekopiowych

U podstaw działania dowolnego urządzenia telekopiowego leży zjawisko rozwinięcia /rozłożenia/ jednoobrazowego obrazu danego dokumentu na poszczególne elementy, zwane elementami rozwinięcia. Są to bardzo małe elementy o powierzchni $0,03 - 0,06 \mu\text{m}^2$, które charakteryzują się różnym stopniem zaczernienia, czyli różną zdolnością odbijania padającego na nie strumienia świetlnego.

W nadawczym urządzeniu telekopiowym odbywa się rozłożenie /analiza/ obrazu przekazywanego dokumentu na elementarne punkty świetlne, które następnie przekształcane są w ciągły sygnał elektryczny o amplitudzie zmieniającej się proporcjonalnie do stopnia zaczernienia elementarnych punktów obrazu. Ten sygnał elektryczny jest przesyłany kanałem łączności do odbiorczego urządzenia telekopiowego, w którym odbywa się złożenie /synteza/ kopii obrazu pierwotnego. Realizowane jest to poprzez przekształcenie sygnału elektrycznego w elementarne efekty świetlne, które z kolei łączone są w obraz.

Istotę połączenia telekopiowego wyjaśnia rys. 9. Na powierzchni bębna BN nadawczego urządzenia telekopiowego zostaje umocowany dokument który ma być nadany. Powierzchnię tego dokumentu oświetla się strumieniem świetlnym lampki L, skupianym przez układ optyczny UO. W wyniku tego na dokumencie tworzy się plamka świetlna o bardzo małej średnicy, rzędu dziesiątych części milimetra. Ponieważ bęben BN wykonuje ruch obrotowo-postępowy, więc plamka świetlna przesuwana się, punkt za punktem po całej powierzchni dokumentu wzdłuż linii śrubowej.



Rys. 9. Istota połączenia telekopiowego:

L - lampka oświetlająca, UO - układ optyczny, BN - bęben nadawczy, FK - fotokomórka, N - punktowe źródło światła, BO - bęben odbiorczy.

Natężenie światła odbitego od poszczególnych elementów dokumentu zależy od stopnia ich zaczernienia. W rezultacie powstaje strumień

światła odbitego o zmieniającym się natężeniu, który pada na fotokomórkę FK. Uzyskany na wyjściu fotokomórki zmienny prąd elektryczny, czyli sygnał telekopiowy, jest funkcją zmiennego natężenia odbitego strumienia świetlnego. Prąd ten przesyłany jest do odbiorczego urządzenia telekopiowego, gdzie zasila punktowe źródło światła N. Intensywność świecenia tego źródła jest zależna od natężenia prądu sygnału telekopiowego. W rezultacie powstaje strumień świetlny o zmieniającym się natężeniu, który skupiany jest za pomocą układu optycznego UO i rzutowany na powierzchnię bębna odbiorczego BO. Na bębnie tym umocowany jest papier światłoczuły.

Bęben odbiorczy, podobnie jak nadawczy, wykonuje ruch obrotowo-postępowy, przy czym prędkości obrotowe i fazy obrotów obu bębnow są dokładnie zsynchronizowane. W rezultacie miejsce i stopień naświetlenia papieru światłoczułego dokładnie odpowiadają miejscu i stopniowi zaciernienia odpowiedniego elementu przesyłanego dokumentu, co zapewnia uzyskanie dokładnej jego kopii.

3. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA ŁĄCZNOŚCI BEZPRZEWODOWEJ

3.1. Właściwości propagacji fal radiowych

W łączności bezprzewodowej /radiowej, radioliniowej, radiotelefonicznej/ nośnikiem informacji są fale elektromagnetyczne rozchodzące się w przestrzeni. Wykorzystywany zakres częstotliwości tych fal jest bardzo szeroki i rozciąga się od kilku kiloherców aż do częstotliwości optycznych. Stosunek największych do najmniejszych częstotliwości wykorzystywanych obecnie wynosi w praktyce około 10^6 . Konsekwencją bardzo dużej szerokości względnej widma częstotliwości radiowych jest znaczne zróżnicowanie ich właściwości, zależnie od położenia w widmie. Zróżnicowanie to zadecydowało o podziale fal radiowych, wśród których wyróżnia się fale: bardzo długie, długie, średnie, krótkie, ultrakrótkie i mikrofałe.

W zależności od długości, fale radiowe rozchodzą się w różnorodny sposób, przy czym rozróżnia się fale przestrzenne, jonosferyczne i troposferyczne.

Fala przestrzenna występuje w przypadku umieszczenia anten na pewnej wysokości ponad powierzchnią Ziemi. Zasięg tej fali nie trudno jest obliczyć na podstawie prostych zależności geometrycznych, zakła-

Tabela 2.

Tradycyjny podział widma fal radiowych na zakresy

Lp.	Nazwa zakresu	długości fal	częstotliwości
1.	Fale bardzo długie	powyżej 20 km	poniżej 15 kHz
2.	Fale długie	3 km - 30 km	10 kHz - 100 kHz
3.	Fale średnie	100 m - 3 km	100 kHz - 3 MHz
4.	Fale krótkie	10 m - 100 m	3 MHz - 30 MHz
5.	Fale ultrakrótkie	1 m - 10 m	30 - 300 MHz
6.	Mikrofale	poniżej 1 m	powyżej 300 MHz

dając idealną prostoliniowość jej rozchodzenia się. Otrzymamy wówczas:

$$D_0 = \sqrt{2R_0} / \sqrt{h_1} + \sqrt{h_2} / ; \quad /3.1./$$

gdzie: D_0 - zasięg fali przestrzennej,

R_0 - promień kuli ziemskiej,

h_1, h_2 - wysokości zawieszenia anten.

Wprowadzając wartość R_0 równą 6400 km i wyrażając h_1 i h_2 w metrach, otrzymamy:

$$D_0 [\text{km}] = 3,55 / \sqrt{h_1} + \sqrt{h_2} / \quad /3.2./$$

Wzór 3.2. posiada znaczenie wyłącznie teoretyczne, bowiem w praktyce okazuje się, że zasięg łączności na fali przestrzennej zwiększa się na skutek zjawiska refrakcji troposferycznej. W związku z tym do wzoru 3.1. podstawia się tzw. zastępczy promień Ziemi $R_z = 8500$ km. Wzór na zasięg łączności przyjmuje wówczas postać:

$$D_0 [\text{km}] = 4,12 / \sqrt{h_1} + \sqrt{h_2} / \quad /3.3./$$

W łączności na fali przestrzennej na większe odległości /np. pomiędzy samolotami/, zaczyna odgrywać rolę czułość odbiorników i moc nadajników, ograniczając zasięg wynikający z wzoru 3.3. W miejsce współczynnika 4,12 przyjmuje się wówczas współczynnik K, określany oddzielnie dla każdego typu radiostacji. Do określania zasięgu łączności stosuje się wówczas wzór:

$$D_0 [\text{km}] = K / \sqrt{H_1} + \sqrt{H_2} / , \quad /3.4./$$

gdzie: H_1, H_2 - wysokość lotu samolotów, w kilometrach.

Za pomocą fali przestrzennej realizowana jest łączność radiowa na falach ultrakrótkich, wzory 3.3. i 3.4. są zatem słuszne dla określenia zasięgu łączności w tym zakresie. W innych zakresach fala przestrzenna odgrywa minimalną rolę.

Falę troposferyczną nazywamy falę, która dociera do odbiornika za pośrednictwem troposfery, czyli warstwy atmosfery ziemskiej rozciągającej się na wysokościach rzędu 10 - 16 km /zob. rys. 10/. Zachodzi tu zjawisko rozproszenia fali, której drobna część dociera daleko poza horyzont, co przy zastosowaniu odpowiednich mocy i anten kierunkowych o bardzo dużym zysku można wykorzystać dla celów łączności dalekosiężnej w zakresach fal ultrakrótkich. Współczesne stacje łączności troposferycznej posiadają nadajniki o mocach rzędu 1 - 10 kW i anteny paraboliczne o średnicach 2 - 10 m, zapewniających zysk rzędu 40 dB lub więcej. Uzyskiwane w ten sposób zasięgi łączności sięgają 300 - 350 km.

Fala jonosferyczna jest to fala, której propagacja odbywa się z wykorzystaniem odbicia od zjonizowanych warstw atmosfery. Odbicie fali od jonosfery, a także od ziemi, może zachodzić wielokrotnie, dzięki czemu istnieje możliwość tzw. propagacji wieloskokowej i uzyskania w ten sposób łączności na znacznej odległość.

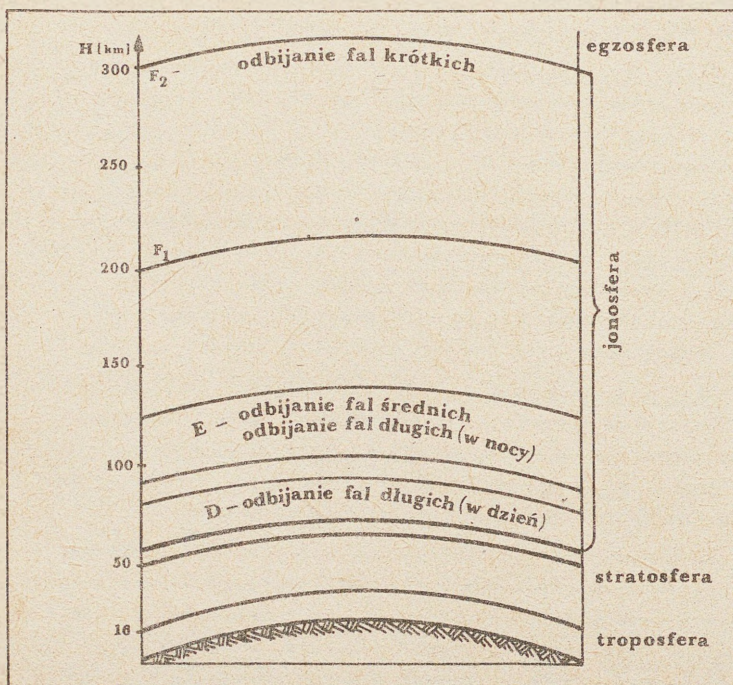
Jonosfera rozciąga się na wysokościach 60 - 2000 km. Stopień jonizacji rozrzedzonych gazów tego obszaru jest bardzo zróżnicowany i zależy od wysokości, pory dnia i roku, aktywności Słońca i in., w związku z czym wyróżnia się szereg warstw jonosfery /rys. 10/ mających wpływ na propagację fal zakresów długich, średnich i krótkich.

Najniżej położona warstwa /D/ pojawia się wyłącznie w ciągu dnia, zaś nocą zanika. Jej istnienie wyjaśnia przyczyny różnych warunków propagacji fal radiowych zależnie od pory doby, bowiem warstwa ta posiada właściwości tłumiące tym silniejsze im niższa jest częstotliwość fali. Fale długie odbijają się od warstwy D, zaś fale o wyższych częstotliwościach przechodzą przez nią ulegając tłumieniu.

Warstwa E w swym pojawianiu się wykazuje cykl roczny, przy czym maksimum jej oddziaływania uwiadczenia się w miesiącach letnich. Posiada największy wpływ na propagację fal średnich, które odbijają się od niej docierając do korespondenta w postaci fali jonosferycznej.

Warstwa F jest największym obszarem jonosfery i wykazuje dwa maksima: F_1 i F_2 . Warstwa F_1 pojawia się w porze dziennej, na ogół

tylko w lecie i dla propagacji fal radiowych posiada niewielkie znaczenie. Natomiast istniejąca stale w normalnych warunkach jonosferycznych warstwa F_2 powoduje odbicie fal krótkich umożliwiając w tym zakresie fal łączność na dziesiątki tysięcy kilometrów.



Rys. 10. Struktura atmosfery ziemskiej

Ze względu na przedstawione wyżej właściwości jonosfery, a szczególnie na okresowe /dzienno-nocne i sezonowe/ zmiany warunków propagacyjnych, w łączności radiowej stosuje się zmianę częstotliwości w zależności od pory doby lub roku. Zasady określania i przydziału tych częstotliwości są zagadnieniem wykraczającym poza ramy niniejszego skryptu.

3.2. Wpływ wybuchów jądrowych na łączność radiową

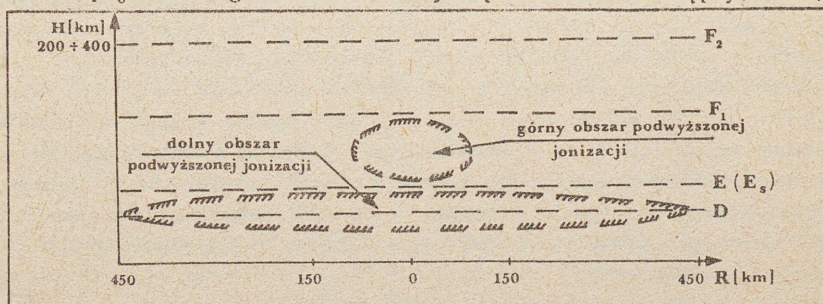
W warunkach wojny z użyciem broni jądrowej system łączności podlegać będzie działaniu wszystkich czynników rażących tej broni. Stopień ich oddziaływania na system jest różnorodny i zależy od wielu

cech tego systemu, lecz przede wszystkim od stopnia jego umocnienia. Dotyczy to głównie działania fali uderzeniowej na sprzęt. Widać tu wyraźną przewagę łączności przewodowej, której sprzęt stosunkowo łatwo jest rozmieścić w odpowiednio rozbudowanych schronach, nad łącznością radiową, w której system antenowy jest zawsze umieszczony na powierzchni ziemi. Nie należy jednak zapominać o tym, że mechaniczne naruszenie łączności przewodowej przez broń jądrową przeciwnika niemal zawsze wymagać będzie bardzo długotrwałych prac remontowych.

Uwzględnianie wpływu fali uderzeniowej na działanie systemu łączności w zasadzie nie odbiega od metodyki obowiązującej w wojskach chemicznych dla innych rodzajów sprzętu. W dalszej części niniejszego skryptu rozpatrzmy wpływ jonizacji atmosfery na łączność radiową.

Wybuchy jądrowe, szczególnie tzw. wysokie powietrzne, wywołują zmiany jakościowe jonosfery. W ich wyniku w jonosferze powstają rozległe obszary o znacznie zwiększonym stopniu koncentracji elektronowej, co w zasadniczy sposób zmienia właściwości odbijające i tłumiące tej warstwy.

Przy wybuchach na wysokościach od 30 do 60 km, tworzy się niewielki obszar jonizacji o rozmiarach rzędu dziesiątek kilometrów oraz czasie występowania rzędu dziesiątek sekund. Wybuchy przeprowadzane wyżej niż 60 - 70 km powodują utworzenie się dwóch obszarów zwiększonej jonizacji atmosfery: a/ na wysokości wybuchu, b/ na poziomie odpowiadającym wysokości najniższych warstw jonosfery. Czas występowania tych obszarów mierzony jest w godzinach. Wysokie powietrzne wybuchy jądrowe mogą ponadto powodować powstawanie warstwy sporadycznej E_s , zdolnej do odbijania fal zakresu metrowego. Warstwa ta może wystąpić w 2 - 4 godziny po wybuchu i utrzymywać się przez dobę. Może się ona również pojawiać w godzinach dziennych przez kilka następných dób.



Rys. 11. Obszary podwyższonej jonizacji podczas wybuchów jądrowych.

Omówione powyżej zmiany w atmosferze wywierają wpływ na łączność radiową realizowaną głównie na tych falach, które w procesie propagacji wykorzystują odbicie od jonosfery. Na falę bezpośrednią zjawiska te nie oddziałują.

Fale bardzo długie /powyżej 20 km/ rozprzestrzeniają się w wyniku odbić od dolnej warstwy jonosfery i ziemi. Odbicie od jonosfery następuje przy nieznaczonej jej jonizacji. Dodatkowa jonizacja wywołana przez wybuch jądrowy nie powoduje tłumienia tych fal, jednakże odległość, którą pokonuje fala pomiędzy nadajnikiem i odbiornikiem zależy od wysokości, na której nastąpiło odbicie. Jeśli wystąpi dodatkowa jonizacja atmosfery, to odbicie nastąpi na mniejszej wysokości i fala przebędzie mniejszą odległość. Zachodzi wówczas efekt tzw. przesunięcia fazowego fal, którego wielkość zależy od częstotliwości oraz wysokości i mocy wybuchu.

Fale długie /3 - 20 km/ i średnie /100 m - 3 km/ mogą odbijać się od jonosfery i ziemi, ze względu jednak na duże tłumienie efekt ten nie jest wykorzystywany. Wykorzystuje się natomiast falę powierzchniową, która rozprzestrzenia się wzdłuż powierzchni ziemi na odległość do kilkuset kilometrów. Dlatego też wybuch powietrzny, zmieniający stan jonosfery, może powodować silne oddziaływanie na fale przestrzenne i nie wpływać na fale powierzchniowe, które zwykle wykorzystuje się do łączności w tych zakresach.

Fale krótkie /10 - 100 m/ wykorzystuje się do łączności na duże odległości. Fale te odbijają się od atmosfery i ziemi. Każdemu odbiciu towarzyszy strata pewnej ilości energii i dlatego stabilną łączność można uzyskać w wypadku nie więcej niż trzech odbić od jonosfery. Fale o częstotliwości dolnej części tego zakresu odbijają się od warstwy E, natomiast w górnej części zakresu - od warstwy F. Stwierdzono dwa rodzaje oddziaływań jonizacji powstającej w wyniku wybuchu jądrowego. Pierwszy polega na tym, że sygnał przechodząc przez warstwę D w obszarze podwyższonej jonizacji ulega silnemu tłumieniu, w wyniku czego następuje przerwa w łączności radiowej. Na przykład wybuch bomby megatonowej na wysokości 80 km w dzień wywiera wpływ na krótkofalowe relacje radiowe, których trasy przebiegają w odległości 1000 km od punktu wybuchu. Dla przywrócenia normalnej łączności potrzebny jest czas od kilkunastu minut do kilku godzin, w zależności od częstotliwości i miejsca wybuchu.

Oprócz zmian w zakresie jonizacji atmosfery, należy uwzględnić wpływ wywierany na łączność w zakresie KF przez obłok radioaktywny po-

wstający po wybuchu. Przy wybuchach na wysokościach powyżej 72 km w dzień i odległości trasy od punktu wybuchu 800 km, promieniowanie radioaktywne obłoków będzie powodować przerwy w łączności radiowej na okres do 10 godzin. W nocy warunki dla odtworzenia łączności powstają szybciej - w ciągu od 1 do 4 godzin.

Oddziaływanie wybuchów jądrowych na łączność krótkofalową nie jest jednakowe w całym zakresie. Jeżeli dla odzyskania normalnej łączności w paśmie częstotliwości 3 - 10 MHz jest potrzebne kilka godzin, a w paśmie 10 - 20 MHz kilkadziesiąt minut, to w paśmie powyżej 20 MHz czas ten jest bardzo krótki. Biorąc to pod uwagę, przy zastosowaniu radiostacji dysponujących szerokim pasmem częstotliwości /np. R-140/, po wybuchu jądrowym należy szukać możliwości nawiązania łączności na wyższych częstotliwościach.

Fale metrowe /1 - 10 m/, decymetrowe /1 - 10 dm/ i centymetrowe /1 - 10 cm/ wykorzystywane są do łączności w granicach zasięgu widoczności optycznej. Z tego względu wybuchy jądrowe nie wywierają znaczącego wpływu na stan łączności radiowej w tych zakresach fal. Czas przerwy w łączności nie przekroczy kilkunastu sekund.

Prócz omówionych powyżej zjawisk, na system łączności istotny wpływ może wyrzucić impuls elektromagnetyczny wyzwalający się w momencie wybuchu jądrowego. Powoduje on zaindukowanie w liniach łączności przewodowej i urządzeniach antenowych bardzo niebezpiecznych impulsów elektrycznych o wysokim potencjale. Długość impulsu podczas wybuchów naziemnych waha się w granicach od setek mikrosekund do kilku milisekund, a przy wybuchach powietrznych - od setek mikrosekund do setek milisekund. Impuls charakteryzuje się szerokim pasmem częstotliwości. Dla wybuchów naziemnych połowa energii impulsu przypada na zakres niskich częstotliwości /do 10 - 15 kHz/.

Strofa rażenia linii i aparatury łączności zależy przede wszystkim od ich odporności, a także od mocy, wysokości i odległości epicentrum wybuchu.

Odporność urządzeń na działanie impulsu elektromagnetycznego bez zastosowania urządzeń ochronnych można scharakteryzować wielkością dopuszczalnego napięcia 3 - 10 kV /dotyczy to np. nieekranowanych linii kablowych/. Zastosowanie urządzeń ochronnych w postaci odgromników powoduje wzrost tej wielkości do 50 kV. Fidery antenowe dla zakresów KF i SF w normalnych warunkach atmosferycznych wykazują odporność na napięcia rzędu 1000 kV, a podczas deszczu - około 50 - 60 kV.

Rażące działanie impulsu elektromagnetycznego szczególnie uwidacznia się w odniesieniu do uocnionych stanowisk dowodzenia, kiedy to po wybuchu jądrowym urządzenia inżynierskie mogą pozostać nienaruszone, zaś SD zostanie obezwładnione z powodu uszkodzeń wywołanych w urządzeniach antenowych, liniach łączności przewodowej i urządzeniach wejściowych aparatury łączności.

§.3. Wykorzystanie fal radiowych w łączności wojskowej

Wśród technicznych środków łączności wykorzystujących w swej pracy fale radiowe wyróżnia się trzy zasadnicze grupy:

- środki radiowe,
- środki radioliniowe,
- środki radiotelefoniczne.

Do środków radiowych zalicza się nadajniki, odbiorniki oraz radiostacje. Pod pojęciem radiostacji rozumieć będzie-
my komplet urządzeń służących do utrzymywania dwu- lub jednostronnej łączności z korespondentami wyposażonymi w podobne urządzenia lub tylko w odbiorniki radiowe. W skład radiostacji wchodzi:

- nadajnik radiowy,
- odbiornik radiowy,
- urządzenia antenowe,
- urządzenia zasilające,
- urządzenia końcowe.

Cechą charakterystyczną radiostacji wojskowych jest to, że częstotliwość emitowanych fal radiowych może być zmieniana w pewnym, określonym zakresie. Zmienne mogą być także rodzaje pracy, będące odmianami pracy telefonicznej, telegraficznej itp. Radiostacje nabierają w ten sposób cech względnej uniwersalności, można je bowiem wykorzystywać w różnych układach organizacyjnych.

Radiostacje wojskowe w zależności od sposobu ich wykorzystania dzielą się na: stacjonarne, ruchome, pokładowe, przenośne i przewoźne.

Według wykorzystywanego zakresu częstotliwości można wyróżnić radiostacje:

- długofalowe do 300 kHz /1000 m/,
- średnifalowe od 300 kHz do 3 MHz /1000 - 100 m/,
- krótkofalowe od 3 MHz do 30 MHz /100 - 10 m/,
- ultrakrótkofalowe od 30 MHz do 300 GHz /10 m - 1 mm/.

Obecnie dla celów wojskowej łączności radiowej wykorzystuje się praktycznie fale krótkie, a spośród fal ultrakrótkich - metrowe i decymetrowe.

Radiostacje mogą posiadać tzw. zakres płynny lub zakres z ustaloną siatką częstotliwości, względnie oba rodzaje tych zakresów łącznie. Płynny zakres umożliwia pracę radiostacji na dowolnej jego częstotliwości, zaś zakres z ustaloną siatką częstotliwości - na ustalonych częstotliwościach, różniących się jedna od drugiej o stałą wartość. Zakres z siatką częstotliwości ustalonych umożliwia korespondencję radiową bez poszukiwania i dostrajania, gdyż częstotliwości te są najczęściej stabilizowane z wykorzystaniem filtrów kwarcowych.

Osobnym zagadnieniem, powszechnie występującym w sprzęcie lotniczym oraz radiostacjach wojsk lądowych nowego parku jest możliwość wstępnego nastrojenia radiostacji na kilka wybranych częstotliwości roboczych /ZPCz - zawczasu przygotowane częstotliwości/. Umożliwia to szybkie, automatyczne przestrajanie radiostacji, sprowadzające się w zasadzie do wciśnięcia jednego przycisku. Ilość tak przygotowanych częstotliwości zależy od konstrukcji radiostacji.

Należy przy tym podkreślić, że radiostacja dysponująca takimi możliwościami każdorazowo pracuje na jednej spośród owych wcześniej nastrojonych częstotliwości. Stąd stosowanie w tym przypadku określenie "kanał", nie zaś "ZPCz" prowadzić może do nieporozumień.

Według mocy nadajników radiostacje wojskowe dzielą się na:

- radiostacje małej mocy do 100 W,
- radiostacje średniej mocy od 100 W do 1000 W,
- radiostacje dużej mocy od 1 do 10 kW,
- radiostacje bardzo dużej mocy powyżej 10 kW.

Radiostacje ruchome małej i średniej mocy montowane są na ogół na jednym samochodzie aparatomym, zaś radiostacje o wyższych mocach często posiadają oddzielne wozy nadawcze i odbiorcze.

Pod względem rodzaju pracy radiostacje mogą być telefoniczne, telegraficzne i telefoniczno-telegraficzne. W porównaniu z pracą telefoniczną, praca radiostacji w układzie telegraficznym zapewnia większy zasięg łączności radiowej oraz umożliwia wykorzystanie większej ilości częstotliwości w danym zakresie, ponieważ nie wymaga tak szerokiego pasma częstotliwości, jak emisja telefoniczna. Praca telegraficzna może być realizowana sposobem ręcznym, dalekopisem z ręcznym lub automatycznym nadawaniem, albo z pomocą urządzeń transmisji danych.

W zależności od przeznaczenia i cech charakterystycznych promieniowanych fal radiowych różni się szereg rodzajów emisji, które dla uproszczenia przyjęto oznaczać specjalnym kodem, przyjętym przez Światową Administracyjną Konferencję Radiokomunikacyjną /WARC, Geneva - 1979/. Pełne oznaczenie rodzajów emisji zawiera dźwięk symboli alfanumerycznych, które dzielą się na trzy podstawowe grupy, a mianowicie:

1/ pierwsza grupa, zawierająca cztery symbole, określa niezbędną szerokość pasma;

2/ druga grupa, zawierająca trzy symbole, określa podstawowe cechy charakterystyczne emisji radiowych, przy czym:

- pierwszy symbol tej grupy określa rodzaj modulacji głównej fali nośnej,

- drugi symbol określa charakter sygnałów modulujących główną falę nośną,

- trzeci symbol tej grupy określa rodzaj przesyłanej informacji;

3/ trzecia grupa, zawierająca dwa symbole, określa dodatkowe cechy charakterystyczne, przy czym:

- pierwszy symbol tej grupy określa szczegóły sygnału,

- drugi symbol określa sposób zwielokrotnienia.

W praktyce, poza przypadkami szczególnymi, używa się oznaczeń skróconych, obejmujących trzy symbole drugiej grupy. Sposób skróconego oznaczenia emisji radiowych przedstawiono w załączniku nr 1.

Wśród rodzajów pracy, jakimi dysponują współczesne radiostacje wojskowe, na szczególną uwagę zasługują emisje jednowstęgowe. Charakterystyce tych emisji poświęcone będzie następane zagadnienie.

Pod względem ilości kanałów różni się radiostacje jednokanałowe i wielokanałowe. Współczesne radiostacje umożliwiają ponadto zwielokrotnienie kanału telefonicznego za pomocą urządzeń telegrafii akustycznej, co pozwala uzyskać kilka kanałów telegraficznych w jednym telefonicznym kanale radiostacji.

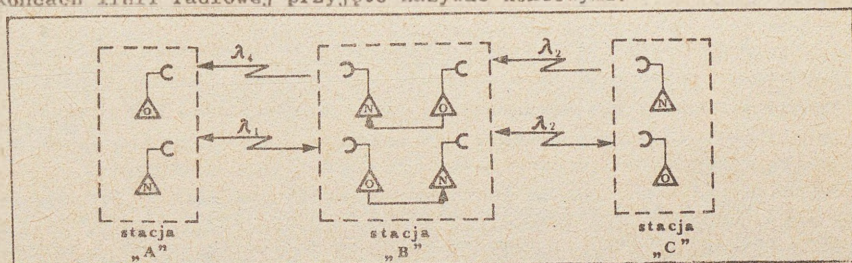
Radiostacje nie mogące równocześnie nadawać i odbierać nazywają się simpleksowymi, pozostałe - spełniające ten warunek - dwupleksowymi. Do pracy simpleksowej wykorzystuje się jedną częstotliwość roboczą, natomiast do dwupleksowej - dwie /częstotliwość nadawania i odbioru/.

W niniejszym skrypcie zastosowany został dodatkowy podział na środki radiowe lotnicze i wojsk lądowych. Związane jest to zarówno z różnicami konstrukcyjnymi, jak i z różnymi źródłami zaopatrywania wojsk w sprzęt i części zamienne.

Środki łączności radioliniowej są to zestawy radiowych urządzeń nadawczo odbiorczych przystosowanych do tworzenia linii radiowych, t.j. linii telekomunikacyjnych łączących dwa punkty radiowym torem teletransmisyjnym. Dzięki zastosowaniu anten o ściśle kierunkowych charakterystykach możliwe jest przesyłanie sygnałów w wąskiej wiązce fal, wzdłuż określonej trasy.

Środki radioliniowe pracują w zakresie częstotliwości UKF od 30 do 10000 MHz lub nawet więcej, co umożliwia tworzenie linii wielokanałowych, lecz równocześnie wprowadza pewne utrudnienia spowodowane ograniczonym zasięgiem bezpośredniej łączności /zob. p. 3.1./. W związku z tym, celem organizacji łączności radioliniowej na większe odległości, stosuje się retransmisję sygnału. Polega to na tym, że sygnał przekazywany z jednej stacji jest odbierany przez drugą stację, regenerowany, wzmacniany a następnie nadawany do następnej stacji itd., aż do stacji końcowej.

Proces retransmisji sygnałów odbywa się automatycznie. Stacje pośrednie realizujące w linii radiowej tę funkcję nazywamy stacjami retransmisyjnymi lub retranslacyjnymi, a te, które znajdują się na końcach linii radiowej przyjęto nazywać końcowymi.



Rys. 12. Schemat linii radiowej

Na rys. 12 przedstawiono schemat linii radiowej z jedną stacją pośrednią. Każda stacja końcowa tej linii składa się z nadajnika i odbiornika, które mogą pracować równocześnie /łączność dwukierunkowa/. Nadawanie i odbiór odbywa się na różnych częstotliwościach dzięki czemu eliminuje się wzajemne zakłócanie urządzeń odbiorczych przez nadawcze. Anteny nadawcze i odbiorcze pokazano oddzielnie, chociaż elementy czyn-

ne: nadawczy i odbiorczy mogą być umieszczone w jednym reflektorze.

Każdy nadajnik i odbiornik tworzą tzw. półkomplety stacji radioliniowej. Stacje retranslacyjne, jak wynika z rysunku, muszą posiadać dwa takie półkomplety.

Stacje radioliniowe posiadają zazwyczaj aparaturę zwielokrotniającą, umożliwiającą tworzenie linii wielokanałowych. Część kanałów może być na stacjach pośrednich wydzielona i przekazana w innym kierunku.

Wojskowe środki łączności radioliniowej przystosowane są do współpracy ze środkami łączności przewodowej. Dzięki temu użytkownicy poszczególnych kanałów łączności połączeni są ze stacją radioliniową za pomocą kierunków przewodowych. Taka współpraca umożliwia ponadto wykorzystanie środków radioliniowych dysponujących dość dużą manewrowością, jako uzupełnienie naruszonego systemu łączności przewodowej.

Do środków łączności radiotelefonicznej zalicza się radiotelefony i rozwidlenia radiotelefoniczne. Radiotelefon jest to radiowe urządzenie nadawczo odbiorcze łączące w sobie cechy radiostacji i aparatu telefonicznego. Jest to więc radiostacja małej mocy, posiadająca cechy funkcjonalne aparatu telefonicznego.

Radiotelefony dzielą się na simpleksowe i dupleksowe, zaś pod względem konstrukcyjnym wyróżnia się przenośne, przewoźne i stacjonarne /bazowe/.

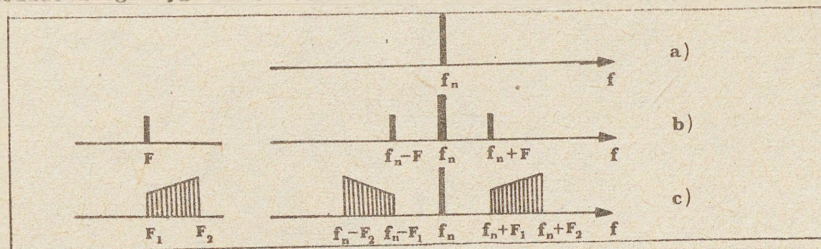
Rozwidlenie radiotelefoniczne jest to urządzenie umożliwiające współpracę radiotelefonu z centralą telefoniczną. Dzięki temu abonent będący w ruchu i posiadający swój radiotelefon, może być w każdej chwili połączony za pośrednictwem centrali z dowolnym abonentem sieci telefonicznej.

W łączności radiotelefonicznej wykorzystywane są fale zakresu UKF, powyżej 30 MHz, co wywiera wpływ na zasięg łączności i ogranicza możliwości wykorzystania tego typu środków. Stąd też niekiedy stosowana jest retransmisja /np. w radiotelefonie K-1/, na zasadach podobnych jak w łączności radioliniowej.

3.4. Właściwości emisji jednowstęgowych

Drgania wielkiej częstotliwości generowane przez nadajnik radiostacji są modulowane sygnałem akustycznym zawierającym treść prze-

syłanej informacji. Finalny produkt modulacji rozpatrywać można jako sumę drgań o częstotliwości fali nośnej f_n i dwóch wstęg bocznych: górnej $f_n + F$ i dolnej $f_n - F$, gdzie F jest częstotliwością napięcia modulującego. Jeżeli sygnał modulujący zajmuje nie jedną częstotliwość F , lecz całe pasmo w zakresie od F_1 do F_2 , to widmo częstotliwości zmodulowanego sygnału przyjmuje kształt, jak na rys. 13c.



Rys. 13. Przebieg modulacji fali nośnej sygnałem akustycznym.

Z rysunku widać, że widmo górnej wstęgi bocznej ma identyczny kształt jak widmo sygnału modulującego, a kształt widma dolnej wstęgi jest zwierciadlanym odbiciem wstęgi górnej. Nie trudno zauważyć, że obie wstęgi boczne są nośnikami tej samej informacji, gdyż odwrócenie porządku składowych widma nie zmienia zawartości informacyjnej sygnału. Częstotliwość nośna natomiast informacji użytecznej nie zawiera. Jest ona potrzebna jedynie w procesie modulacji i później, w procesie demodulacji sygnału. Wyeliminowanie jej z widma sygnału zmodulowanego nie przyniesie więc straty dla przekazywanej informacji, zaś przyniesie może znaczne korzyści z energetycznego punktu widzenia, gdyż na wygenerowanie fali nośnej pochłania około 2/3 mocy wypromieniowanej przez nadajnik.

Współczesne radiostacje wojskowe dysponujące rodzajem pracy zwanym J3E, wytwarzają tylko jedną wstęgę boczną, bez fali nośnej. Bilans energetyczny dla nadajnika i odbiornika wskazuje, że w tym rodzaju pracy uzyskuje się 8-16-krotny zysk energii w stosunku do emisji dwuwstęgowych.

Podobnie jak po stronie nadawczej potrzebna jest częstotliwość nośna w procesie formowania sygnału jednowstęgowego, tak po stronie odbiorczej konieczne jest możliwe dokładne odtworzenie tej częstotliwości nieodzownej, jako podkład w procesie demodulacji. Potrzebna do demodulacji częstotliwość nośna wytwarzana jest za pomocą generatora lokalnego, umieszczonego w odbiorniku. Bardzo ważne jest przy tym utrzymanie wysokiej zgodności częstotliwości nadajnika i odbiornika.

Technika stabilizacji częstotliwości na falach krótkich zapewnia względną niestabilność rzędu $1 \cdot 10^{-7}$, przy czym na wyższych częstotliwościach tego zakresu osłaga się dokładność częstotliwości nośnej nadajnika i odbiornika rzędu kilku herców.

Podczas utrzymywania łączności z radiostacjami samolotowymi emisją jednowstęgową, fala nośna w nadajniku nie może być stłumiona całkowicie. Uwarunkowane jest to zjawiskiem Dopplera, tzn. zmianą częstotliwości nadawanej występującą w odbiorniku radiowym podczas przemieszczania się radiostacji pokładowej ze znaczną prędkością w stosunku do naziemnej. Trudno byłoby wówczas spełnić kryterium zgodności częstotliwości nośnej nadajnika i heterodyny odbiornika. Stosuje się wówczas rodzaj pracy R3E, w którym fala nośna jest stłumiona do poziomu 10 - 35 %. Wypromieniowana część fali nośnej wytwarza w urządzeniu odbiorczym sygnał sterujący, za pomocą którego następuje automatyczne dostrojenie częstotliwości heterodyny.

Dodatkową korzyść daje modulacja jednowstęgową w postaci dwukrotnego zwięzienia pasma emisji. W warunkach istniejącej obecnie "ciasnoty" w eterze, ma to bardzo istotne znaczenie.

Radiostacje jednowstęgowe wykorzystywane są zarówno dla jednokanalowej i wielokanalowej łączności. Druga /nie biorąca udziału w procesie przekazywania sygnału/ wstęga boczna wykorzystywana jest dla przesyłania informacji w drugim kanale, w wyniku czego powstaje dwukanałowa łączność telefoniczna na dwóch niezależnych wstęgach bocznych.

Z a k o ń c z e n i e

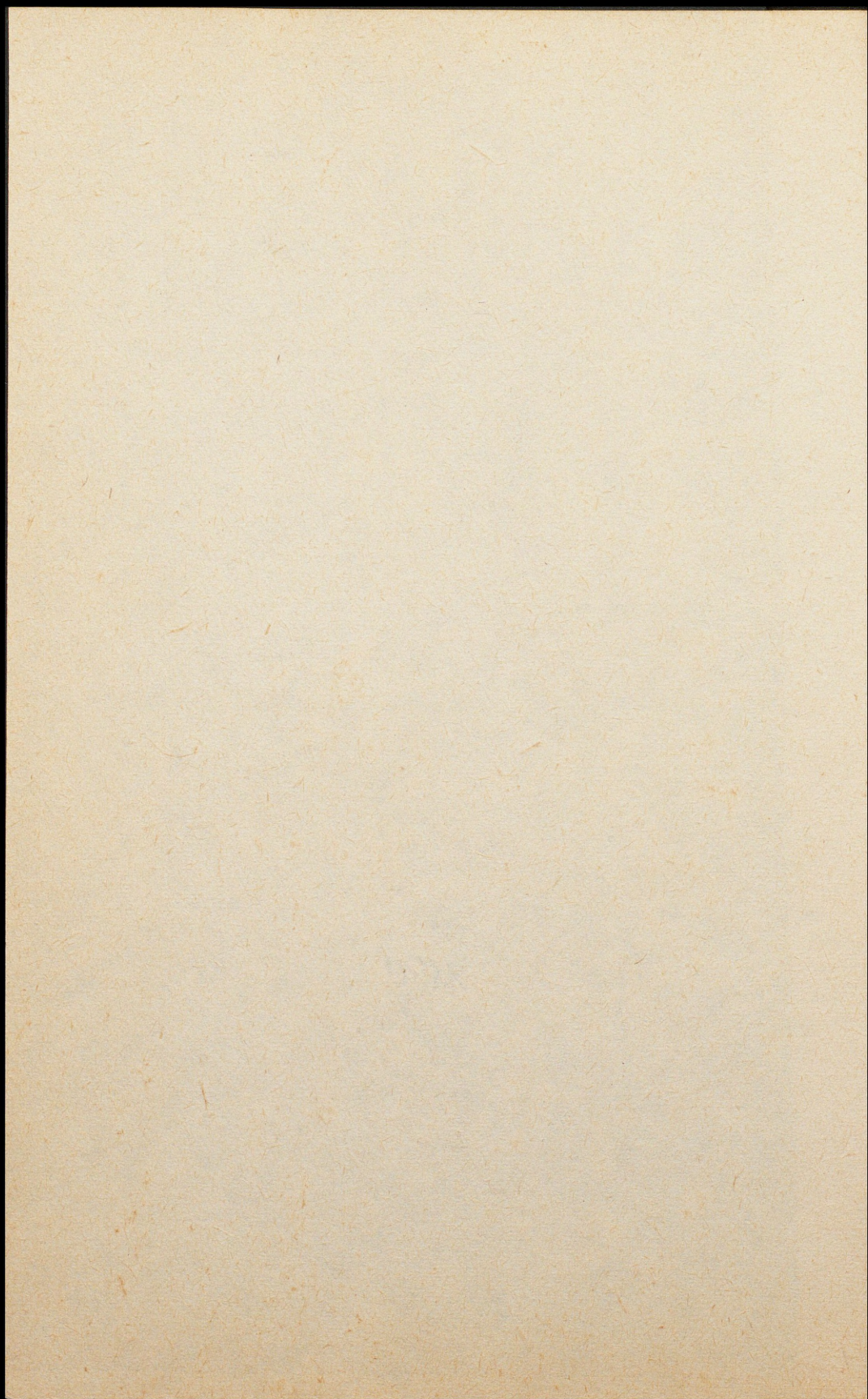
Niniejszy materiał nie wyczerpuje całokształtu zagadnień związanych z działaniem technicznych środków łączności, zawiera bowiem tylko celowo dobrany zasób wiadomości podstawowych. Bliższe objaśnienie procesów zachodzących w tych środkach wymaga znajomości podstaw elektrotechniki, elektroniki itp., co jest przedmiotem odrębnych, fachowych studiów.

Przykłady konkretnych rozwiązań technicznych środków łączności stosowanych w wojskach lotniczych i OPK znajdzie Czytelnik w części II skryptu.

W y k a z l i t e r a t u r y

1. W. ALOKSA, B. PETRYGA "Troposferyczna łączność radiowa", Wojskowy Przegląd Techniczny, 1979 r., nr 2;
2. D.J. BEM "Anteny i rozchodzenie się fal radiowych", Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1973 r.;
3. B. BUSKO "Vademecum zastosowania elektroniki", Wyd. MON, Warszawa, 1973 r.;
4. "Encyklopedia Techniki - Teleelektryka", Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1967 r.;
5. Z. KAMIŃSKI, A. WERECKI "Radiostacje jednowstęgowe", Wojskowy Przegląd Techniczny, 1972 r., nr 1;
6. I. NIEMCEWICZ "Podręczna encyklopedia radioamatora", Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, 1968 r.;
7. "Oznaczenia emisji radiowych", MON, Warszawa, 1982 r., sygn.: Łączn. 820/82;
8. K. PACHOWSKI "Łączność w systemach dowodzenia", Wyd. "Czasopisma Wojskowe", Warszawa, 1976 r.;
9. J.J. PAWELEC "Kompatybilność elektromagnetyczna", Wojskowy Przegląd Techniczny, 1976 r., nr 8 - 9;
10. "Sprawoznik po swiazi i radiotiechniczkeskomu oblespieczieniju pialotow", Wojenizdat, Moskwa, 1979 r.;
11. "Technika radiolokacji" Dowództwo Wojsk OPK, Warszawa, 1972 r., sygn.: OPK 360/69.





MICH

1. SŁOWNĄ FALĘ
SONDOWĄ/

MACJĘ	0
JI	1
MACJĘ	2
ANTEN	2
MACJĘ	3
SI	7
SI	8
KANAŁOW	9
2. F	X

PRZECI SYMBOL

N	
A	
B	
C	
D	
E	
F	
W	
X	

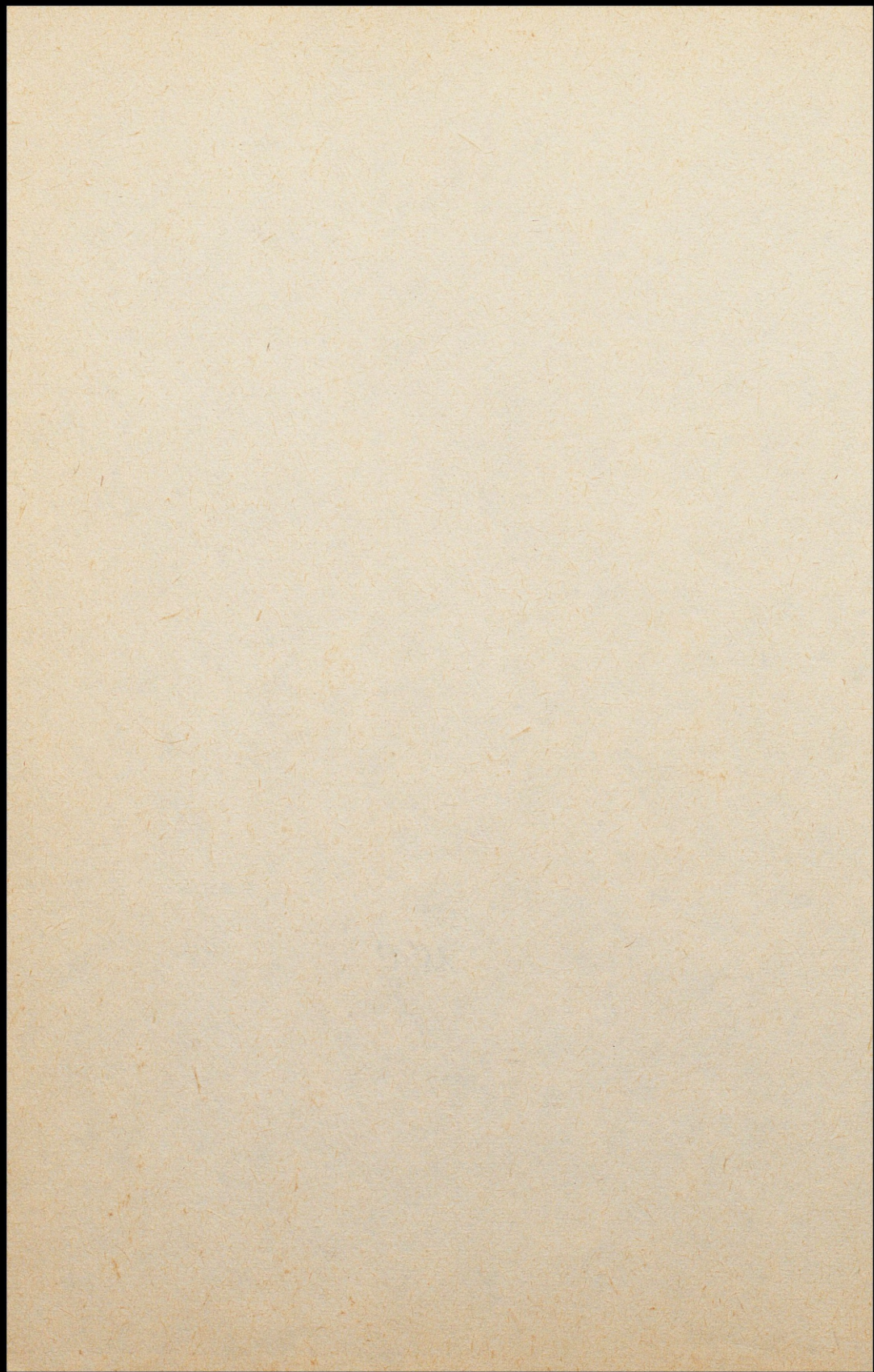
EMISJI RADIOWYCH

- 5K75 - oznacza niezbędną szerokość pasma
równą $5,75 \text{ kHz}^x$,
- J - jednowstęgową modulację amplitudową
z falą nośną stłumioną,
- 8 - dwa kanały przenoszące informację
analogową,
- E - telefonia,
- K - utajnienie informacji $x/$,
- F - zwiokrotnienie częstotliwościowo $x/$

zwarte są w wydawnictwie "Oznaczenia emisji radiowych",
ozn. 820/82.

3. PRZYKŁADY NAJCZĘŚCIEJ WYSTĘPUJĄCYCH
OZNACZEŃ EMISJI RADIOWYCH

OZNACZENIE SKRÓCONE	OZNACZENIE OBOWIĄZUJĄCE DO 1982 r.	OZNACZENIE WYSTĘPUJĄCE W LITERATURZE PAŃSTWA POLSKIEGO
Modulacja amplitudowa		
MON	A0	
A1A	A1	A1
A2A	A2	A2
A3E	A3	A3
A3E	A3A	OM
A3E	A3H	Iub
J3E	A3J	OBP
B8E	A3B	
A3C	A4	
R3C	A4A	
C3F	A5C	
R7B	A7A	
B9W	A9B	
Modulacja częstotliwościowa		
F1A	F1	4T
F1B		
F2A	F2	4TT
F2B		
F3E	F3	4M
F3C	F4	
F3F	F5	
F7A	F6	44T
F7B		
FXX	F9	



OZNACZENIA EMISJI RADIOWYCH

1. STRUKTURA PEŁNEGO OZNACZENIA EMISJI RADIOWYCH

Kolejność symboli w oznaczeniu emisji								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I grupa			II grupa			III grupa		
1	2	3	4	1	2	3	1	2
Niezbędna szerokość pasma				Podstawowe cechy charakterystyczne emisji			Dodatkowe cechy emisji	
Rodzaj modu- lacji głównej fali nośnej		Charakter syg- nałów modulu- jących główną falę nośną		Rodzaj prze- syłanej in- formacji		Szczegóły sygnału	Sposób zwie- lokrotnienia	

2. RODZAJ MODULACJI GŁÓWNEJ FALI NOŚNEJ
/PIERWSZY SYMBOL OZNACZENIA SKRÓCONEGO/

EMISJA NIEMODULOWANEJ FALI NOŚNEJ	N
PODWOJNA WSTĘGA BOCZNA	A
POJEDYŃCZA WSTĘGA BOCZNA, PEŁNA FALA NOŚNA	H
POJEDYŃCZA WSTĘGA BOCZNA, FALA NOŚNA PRZYTLUMIONA LUB O ZMIENNYM POZIOMIE	R
POJEDYŃCZA WSTĘGA BOCZNA, STLUMIONA FALA NOŚNA	J
NIEZALEŻNE WSTĘGI BOCZNE	H
SZCZĄTKOWA WSTĘGA BOCZNA	C
EMISJE, W KTÓRYCH GŁ. FALA MODUL. CZĘSTOT. NOŚNA JEST MODULOWANA KĄTOWO MODULACJA FAZY	F
EMISJA, W KTÓREJ GŁ. FALA NOŚNA JEST MODULO- WANA AMPLITUDEWO I KĄTOWO JEDNOCZEŚNIE	G
EMISJA TRWAŁOŚĆ	D
EMISJA TRWAŁOŚĆ	P
EMISJA TRWAŁOŚĆ	K
EMISJA TRWAŁOŚĆ	L
EMISJA TRWAŁOŚĆ	M
EMISJA TRWAŁOŚĆ	Q
EMISJA TRWAŁOŚĆ	V
WYPADKI NIE OBJĘTE WYŻEJ, W KTÓRYCH GŁÓWNA FALA NOŚNA JEST MODULOWANA DWOMA LUB WIĘCEJ SPÓSOBAMI JEDNOCZEŚNIE LUB W USTALONEJ KOLEJNOŚCI	W
WYPADKI NIE UWZGLĘDNIONE WYŻEJ	X

3. CHARAKTER SYGNAŁÓW MODULUJĄCYCH GŁÓWNA FALĘ
NOŚNĄ /DRUGI SYMBOL OZNACZ. SKRÓCONEGO/

BRAK SYGNAŁU MODULUJĄCEGO	0
POJEDYŃCZY KANAŁ ZAWIERAJĄCY INFORMACJĘ SKWANTOWANĄ LUB CYFROWĄ BEZ MODULACJI PODNOŚNEJ	1
POJEDYŃCZY KANAŁ ZAWIERAJĄCY INFORMACJĘ SKWANTOWANĄ LUB CYFROWĄ Z ZASTOSOWANIEM MODULACJI PODNOŚNEJ	2
POJEDYŃCZY KANAŁ ZAWIERAJĄCY INFORMACJĘ ANALOGOWĄ	3
DWA LUB WIĘCEJ KANAŁÓW ZAWIERAJĄCYCH INFORMACJĘ CYFROWĄ LUB SKWANTOWANĄ	7
DWA LUB WIĘCEJ KANAŁÓW ZAWIERAJĄCYCH INFORMACJĘ ANALOGOWĄ	8
SYSTEM OBEJMUJĄCY JEDEN LUB WIĘCEJ KANAŁÓW ZAWIERAJĄCYCH INFORMACJĘ ZŁOŻONĄ /SKWANTOWANĄ, CYFROWĄ, ANALOGOWĄ/ W JEDNYM LUB WIĘCEJ KANAŁACH	9
WYPADKI NIE UWZGLĘDNIONE WYŻEJ	X

4. RODZAJ PRZESYŁANEJ INFORMACJI /TRZECI SYMBOL
OZNACZENIA SKRÓCONEGO/

BRAK PRZESYŁANEJ INFORMACJI	N
TELEGRAFIA DLA ODBIORU SŁUCHOWEGO	A
TELEGRAFIA DLA ODBIORU AUTOMATYCZNEGO	B
TELEKOPIA	C
TRANSMISJA DANYCH, TELEMETRIA, TELESTEROWANIE	D
TELEFONIA /W TYM RADIOFONIA/	E
TELEWIZJA /SYGNAŁ WIZYJNY/	F
KOMBINACJE WYŻEJ WYMENIONYCH RODZAJÓW INFORMACJI	W
WYPADKI NIE UWZGLĘDNIONE WYŻEJ	X

6. PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA OZNACZEŃ EMISJI RADIOWYCH

5K75J8EKF - oznaczenie pełne
18E - oznaczenie skrócone

5K75 - oznacza niezbędną szerokość pasma
równą 5,75 kHz^{x/},
J - jednowstęgową modulację amplitudową
z falą nośną stłumioną,
8 - dwa kanały przenoszące informację
analogową,
E - telefonia,
K - utajnienie informacji^{x/},
P - wielokrotnienie częstotliwości^{x/}

^{x/} Hluzsze szczegóły oznaczenia zawarte są w wydawnictwie "Oznaczenia emisji radiowych",
MON, Warszawa - 1962, sygn. Iqczn. 820/82.

