

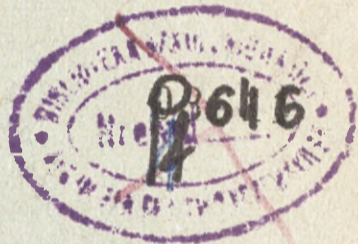


AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP  
im.gen.broni Karola Świerczewskiego

WYDZIAŁ WOJSK LĄDOWYCH  
KATEDRA TAKTYKI WOJSK ŁĄCZNOŚCI

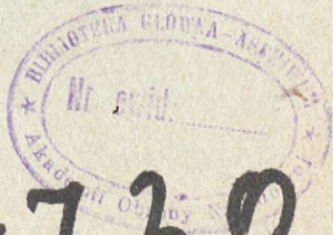
JAWNE

~~POUCIENIE~~  
Egz.nr. 4



# ROZWÓJ STRUKTUR ORGANIZACYJNO-TECHNICZNYCH WOJSK WYCH SYSTEMÓW ŁĄCZNOŚCI.

/ SKRYPT /



47388

GRUDZIEŃ

1978



Załącznik Nr ..... do pisma Nr .....  
z dnia 14. GRUD 1978 r.

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP  
im. gen. broni Karola Świerczewskiego

WYDZIAŁ WOJSK LĄDOWYCH  
KATEDRA TAKTYKI WOJSK ŁĄCZNOŚCI

JAWNE

PRZEKLASYFIKOWANO

Protokół Nr 54305

PRZEKLASYFIKOWANO  
Protokół Nr 12657

~~Do użytku~~

Egz. nr .....

Płk mgr inż. Kazimierz PATKOWSKI

Kpt. mgr inż. Włodzimierz POLESKI



ROZWÓJ STRUKTUR ORGANIZACYJNO - TECHNICZNYCH  
WOJSKOWYCH SYSTEMÓW ŁĄCZNOŚCI

Skrypt



Na podstawie analiz wojskowych systemów łączności wykorzystywanych w poszczególnych armiach w okresie II wojny światowej i w latach późniejszych oraz stosowanych obecnie a także oceny kierunków perspektywicznego ich rozwoju można umownie wyodrębnić trzy rodzaje ich struktur: autonomiczne, kompleksowe i zintegrowane.

W okresie II wojny światowej oraz w latach powojennych systemy łączności były relatywnie proste. Na tym etapie przeważała małokanałowa przewodowa łączność telefoniczna i telegraficzna<sup>x/</sup> oraz łączność radiowa przede wszystkim słuchowa i foniczna.

Do maskowania wiadomości przekazywanych przez techniczne środki łączności stosowano tabele szyfrowe i kodowe. Poszczególne trakty teletransmisyjne utworzone przez różnorodne środki łączności nie sprzęgano w jednolitą sieć telekomunikacyjną. Funkcjonowały one w ramach systemu łączności w sposób autonomiczny. Do przesyłania informacji wykorzystywano sygnały analogowe i dyskretne<sup>xx/</sup>.

Z tytułu selektywnego stosowania poszczególnych środków łączności i wykorzystania różnych sygnałów przyjęto systemy łączności tego okresu nazywać "autonomicznymi systemami łączności". Urządzenia autonomicznych systemów łączności konstruowano w oparciu o technikę lampową /I generacje podzespołów elektronicznych/. Posiadały one duże wymiary i ciężar, zużywały do zasilania znaczną energię i charakteryzowały się niską niezawodnością.

---

x/ realizowana w większości na torach fizycznych bez zwielokrotnienia.

xx/ Sygnal analogowy - sygnał ciągły ściśle odtwarzający /z dowolnie dużą dokładnością/ stany znamionowe generatora informacji. Typowym generatorem sygnału analogowego jest aparat telefoniczny.  
Sygnal dyskretny - sygnał przerywany, generowany przez dalekopisy, EMC itp.

W końcu lat 50 - tych, w związku z upancernianiem i zmechanizowaniem wojsk, wdrożeniem na ich uzbrojenie broni jądrowej i raketowej, wysokosprawnych samolotów itp, wzrosły wymagania do systemów łączności głównie w zakresie zwiększenia ich przepustowości. Zaczęto wprowadzać "kompleksowe systemy łączności", które zapewniły łączność nie tylko dowódcom i sztabom, ale również poszczególnym szefom rodzajów wojsk, a nawet służb. Potrzeba taka wystąpiła ze względu na wzrost roli poszczególnych rodzajów wojsk, jak również roli materiałowo - technicznego zabezpieczenia działań.

Możliwości zwiększenia przepustowości systemów łączności i świadczenia usług łączności kompleksowo powstały w związku z wdrożeniem do eksploatacji wielokanałowych środków radioliniowych oraz wielokrotnych urządzeń telefonii i telegrafii wielokrotnej. Zwiększona przepustowość sieci łączności umożliwiła zapewnienie łączności wszystkim użytkownikom - osobom funkcyjnym. W autonomicznych systemach łączności takich możliwości nie było. Kompleksowe systemy łączności wykorzystywane są również aktualnie. W oparciu o wielokanałowe teletransmisyjne tory radioliniowe i przewodowe, organizowane na wyższych szczeblach dowodzenia, nazywane również "siecią pierwotną" /tj. na bazie kompleksowej sieci pierwotnej/ organizuje się odpowiednio do potrzeb tak zwane "sieci wtórne", a mianowicie:

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

Urządzenia łączności wykorzystywane w kompleksowych systemach łączności montowano w znacznej mierze na bazie podzespołów półprze-

wodnikowych /II generacja podzespołów radioelektronicznych/, które cechuje wyższa niezawodność, mniejsze wymiary i energochłonność. Zastosowano urządzenia automatycznie utajniające wiadomości. Kompleksowość wykorzystania środków radiowych osiągnięto w wyniku zastosowania wozów dowodzenia i powietrznych elementów dowodzenia, które stanowią scentralizowane zestawy środków radiowych, a także przez organizację na szczeblach operacyjnych radiowych centrów odbiorczych i nadawczych. Ze względu na specyfikę pracy środków radiowych tzn. pracę w sieciach, trudności w przesyłaniu zewów oraz dopasowanie układów wyjściowych do systemów jednotorowych, nie udało się ich w pełni dostosować do kompleksowego charakteru pozostałej części systemu. Dlatego łączność radiowa w znacznej mierze wykorzystywana jest indywidualnie przez osoby funkcyjne dowództw i sztabów, bez sprzężenia z innymi elementami systemu tj. autonomicznie.

W wykorzystywanych kompleksowych systemach łączności przekazywanie informacji realizowane jest głównie w układzie "człowiek - człowiek" i tylko w nieznacznym zakresie w układzie "człowiek - maszyna"<sup>x/</sup>. Spowodowało to, że podstawowym rodzajem łączności stała się łączność telefoniczna /sygnał analogowy/. W zależności od szczebla dowodzenia telefonicznie przekazywane jest od 60% do 100% transmitowanych informacji, natomiast w mniejszej skali od 0% do 40% stosuje się wymianę informacji telegraficznej i w postaci sygnałów transmisji danych cyfrowych. Ta okoliczność spowodowała, że przekaz informacji realizowany jest głównie w formie sygnałów analogowych, co z kolei zdeterminowało analogowy charakter kanałów sieci pierwotnej.

---

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

Sygnaly dyskretne wytwarzane przez dalekopisy i EMC przekształca się w urządzeniach telegrafii wielokrotnej i transmisji danych na sygnały analogowe w wyniku zastosowania binarnej modulacji częstotliwościowej. Impulsy dwóch rodzajów /binarne/ transmituje się przez analogowe łącza telefoniczne w postaci przebiegów dwóch różnych częstotliwości wytwarzanych w urządzeniach telegrafii wielokrotnej i transmisji danych cyfrowych. Zasady działania krotnic analogowych ilustruje załącznik Nr 1.

Przejście na jednorodną transmisję sygnałów analogowych spowodowało, że systemy łączności w których zastosowano podane rozwiązania określa się nie tylko mianem "kompleksowe", ale również "jednolite" oraz "analogowe". Charakteryzują się one niską szybkością transmisji informacji wahającą się w granicach od 33,3 bit/sek. /w przypadku wykorzystania łączy telegraficznych z szybkością modulacji 50 bodów/ do około 1 kbit/sek. /w wypadku łączy transmisji danych, w których zastosowano szybkość modulacji 1200 bodów/. Przy podanych szybkościach transmisji uzyskuje się stosunkowo niską przepustowość od 1 do 30 słów na sekundę.

Priorytetowy przekaz wiadomości szczególnie pilnych zapewnia się metodami organizacyjnymi, co nie zawsze gwarantuje pożądaną terminowość ich obiegu. Ponadto w systemach analogowych w toku przesyłania sygnałów binarnych występuje od 1 do 10 błędów na 10 tysięcy odebranych jednostkowych znaków. Wierność transmisji, określona przez stosunek liczby błędnie odebranych elementów do całkowitej liczby nadanych, jest niska<sup>x/</sup>.

W celu podniesienia wierności transmisji w przypadku transmisji danych cyfrowych dla potrzeb EMC zastosowano kosztowne urządzenia protekcyjne, zabezpieczające wyższą wierność transmisji /rzędu od  $10^{-6}$  do  $10^{-8}$ /.

---

x/ Elementowa stopa błędów wynosi  $10^{-4}$ .

Postęp w rozwoju techniki bojowej i metodach prowadzenia działań spowodował, że do systemów dowodzenia i łączności wysunięto znacznie wyższe kryteria, które można zrealizować przede wszystkim przez powszechne zastosowanie elektronicznej techniki obliczeniowej, szczególnego "narzędzia" dowódców i funkcyjnych sztabów. Komputeryzacja procesów dowodzenia, automatyzacja czynności związanych z kierowaniem środkami walki staje się koniecznością. Gwałtownie zmieniająca się sytuacja i stosunek sił na współczesnym polu walki wymaga zbierania, opracowania danych oraz podejmowania decyzji w niezwykle ograniczonym czasie. Aktualnie nawet bardzo dobrze wyszkolone organy dowodzenia, pracujące tradycyjnymi metodami, nie są w stanie w pełni ocenić napływających informacji, odpowiednio ich przetworzyć i podjąć w pożądanym terminie stosowne decyzje. Rozwijane systemy łączności również nie sprzyjają sprawnej organizacji dowodzenia.

Staje się zatem oczywiste, że podniesienie sprawności kierowania współczesnymi działaniami bojowymi można osiągnąć w wyniku szerokiego wykorzystania informatyki i doskonalszej łączności. Przejście od tradycyjnych do zautomatyzowanych systemów dowodzenia, komputeryzacja procesów dowodzenia może w znacznym stopniu poprawić powstałą sytuację. Dotychczasowe miejsca pracy osób funkcyjnych, wyposażone w aparaty telefoniczne, blankiety telegramów /szyfrogramów, kodogramów/ i dokumenty kodowe zostaną udoskonalone. Stanowiąc będą one kompleksy elektroniczne /wyposażone między innymi w terminale, alfaskopy, grafoskopy, czytniki itp./, zapewniające wysoką wydajność w zakresie uzyskiwania danych o wojskach własnych i nieprzyjaciela, zobrazowania sytuacji, rejestracji danych o zabezpieczeniu działań bojowych i współpracujące z elektronicznymi ośrodkami obliczeniowymi. Umożliwiać powinny one również stawianie zadań podległym dowódcom i

sztabom oraz prowadzenie kontroli ich wykonania. Tak więc zwiększenie efektywności działań bojowych wojsk wiąże się z wdrożeniem zautomatyzowanych systemów dowodzenia, rozszerzających usługi teleinformatyczne. Aby uzyskać pożądane wyniki przetwarzania informacji i jej zobrazowania zachodzi potrzeba opracowania odpowiednich programów, stanowiących zbiory rozkazów wykonawczych dla komputerów. Projektowanie takich programów, czyli przygotowanie zabezpieczenia informatycznego jest problemem wysoce złożonym i pracochłonnym. Dotychczasowe doświadczenia wskazują, że łatwiejsze jest konstruowanie EMC i urządzeń współpracujących, aniżeli opracowanie programów użytkowych. Stąd można wnioskować, że wprowadzenie na wyposażenie wojsk zautomatyzowanych systemów dowodzenia będzie rozłożone w czasie, a ponadto może być realizowane fragmentami, obejmującymi coraz szersze sfery czynności.

Charakter współczesnych działań oraz komputeryzacja procesów dowodzenia skłaniają do przeprowadzenia zasadniczej rekonstrukcji struktury organizacyjno - technicznej systemów łączności poszczególnych szczebli dowodzenia. Przewiduje się, że wraz z rozwojem informatyki zwiększać się będzie rola wiadomości przekazywanych w relacji "człowiek - maszyna" i "maszyna - maszyna"<sup>x/</sup>. Tak więc elektroniczna maszyna cyfrowa stała się szczególnego rodzaju abonentem, stawiającym wymagania do systemu łączności przede wszystkim w trzech płaszczyznach:

- znacznie wyższej niezawodności jego działania / $k = 0,95$  i więcej/;

---

x/ Transmisja w relacji "człowiek - maszyna" realizowana będzie przez osoby funkcyjne ze zautomatyzowanych miejsc pracy przez urządzenia peryferyjne /terminale, alfaskopy, grafoskopy itp./. Transmisje w relacji "maszyna - maszyna" realizowane będą głównie pomiędzy ośrodkami obliczeniowymi, np. różnych szczebli dowodzenia.

- zwiększenie przepustowości zapewniającej szybkość transmisji dochodząca do 2 Mbit/sek. i więcej/60000 słów/sek./;
- powszechnego zapewnienia wierności transmisji w granicach elementowej stopy błędów  $10^{-8} \div 10^{-9}$ .

Przy stałym wzroście w wielkościach absolutnych potoków informacyjnych w przyszłości przeważać będą wiadomości przekazywane za pomocą sygnałów dyskretnych /ok. 60 - 70% transmitowanych sygnałów/ i zmniejszy się udział wiadomości analogowych przekazywanych telefonicznie /30 - 40% transmitowanych sygnałów/.

Powyższe założenie wskazuje, że w perspektywicznych systemach łączności dominować będą sygnały dyskretne, przystosowane do "mentalności" elektronicznych maszyn cyfrowych oraz nadawczych i odbiorczych urządzeń peryferyjnych, zainstalowanych w miejscach pracy osób funkcyjnych. W związku z tym zachodzi potrzeba aby przez tory telekomunikacyjne przesyłane były sygnały za pośrednictwem krotnic cyfrowych, formujących wymaganą ilość łączy metodą czasową z zastosowaniem modulacji ziarnistej. Zasady działania krotnic cyfrowych z modulacją ziarnistą ilustruje załącznik Nr 2. Zastosowanie krotnic cyfrowych ułatwia wprowadzenie sygnałów cyfrowych do systemu /bez kosztownych układów modulacji i demodulacji oraz protekcji, wykorzystywanych w urządzeniach transmisji danych cyfrowych współpracujących z łączyami analogowymi/.

Ze względu na synchroniczny sposób pracy krotnic cyfrowych, transmisja danych musi odbywać się za pośrednictwem multiplekserów kanałowych i urządzeń styku między multipleksorami a linią<sup>x/</sup>. Również sygnały analogowe wytwarzane przez aparaty telefoniczne można w prosty sposób w krotnicach cyfrowych przetworzyć na sygnały dyskretne za pomocą przetworników analogowo - cyfrowych /AC/

x/ Multipleksery kanałowe synchronizują wejście sygnałów transmisji danych z rytmem zegara kanałowego krotnicy cyfrowej.

i cyfrowo - analogowych /CA/.

Rozwój produkcji obwodów scalonych małej i dużej integracji /III i IV generacja podzespołów elektronicznych/<sup>x/</sup> oraz opracowanie teorii automatów skończonych i układów logicznych umożliwia opracowanie i wdrożenie do wojsk krotnic cyfrowych. Zakłada się, że powinny one zapewnić obieg sygnałów o szybkościach: 50, 100, 200, 1200, 4800 i 48000 bit/sek. na traktach telekomunikacyjnych przystosowanych:

- na szczeblach operacyjnych /magistrale kablowe i radioliniowe/ do transmisji 2048 kbit/sek;
- na szczeblach operacyjno - taktycznych /kierunki kablowe, radioliniowe horyzontalne i troposferyczne/ do transmisji 480 kbit/sek. *48 kbit/sek*

Systemy teletransmisyjne z modulacją ziarnistą /krotnice cyfrowe/ są blisko spokrewnione pod względem zasad działania z elektronicznymi systemami komutacyjnymi, których wdrożenie usprawni terminowość obiegu wiadomości, niezawodność dokonywania połączeń oraz realizację pożądaných priorytetów. W telekomunikacyjnych centralach elektronicznych można wyodrębnić trzy warstwy funkcjonalne:

- komutację właściwą;
- sterowanie pracą;
- zarządzanie siecią.

Komutacja właściwa realizowana jest w polu komutacyjnym, dokonującym połączenia w oparciu o zasadę czasową. Polega ona na łączeniu ze sobą abonentów cyklicznie na przeciąg krótkich odcinków czasu. W czasie przerw droga połączeniowa wykorzystywana jest dla łączenia innych par abonentów. Przyjęcie tej zasady prowadzi do integracji techniki teletransmisyjnej i telekomutacyjnej.

---

x/ Obwody scalone charakteryzują się bardzo małymi wymiarami oraz wysoką niezawodnością.

Układ sterujący centrali stanowi wyspecjalizowaną maszynę cyfrową odpowiednio oprogramowaną, przystosowaną do sterowania polem komutacyjnym stosownie do sygnałów wywoławczych zainicjowanych na łączu przyściowym, w celu spowodowania pożądaných zjawisk na łączu wyjściowym. Należy przy tym podkreślić, /jak wykazały badania statystyczną/ że centrale sterowane za pomocą EMC zapewniają wysoką dokładność komutacji, tj. że stopą błędów powyżej  $10^{-4}$  /centrale obsługiwane ręcznie lub centrale automatyczne działające na bazie zespołów elektromechanicznych gwarantują poprawność komutacji ze stopą błędów poniżej  $10^{-2}$ /. Oprogramowanie sterującej maszyny cyfrowej centrali elektronicznej może uwzględniać szereg wymagań w zakresie zapewnienia priorytetów w dokonywaniu połączeń /np. według kategorii ważności abonentów, w układach alarmowania i konferencyjnych itp./, co dodatkowo podnosi użyteczność omawianego systemu komutacyjnego w wojskowych systemach łączności.

Podstawowym zadaniem trzeciego składnika central elektronicznych - urządzeń zarządzania siecią jest przede wszystkim synchronizacja przebiegów czasowych występujących na styku central i traktów liniowych w poszczególnych węzłach łączności w aspekcie zgodności częstotliwości taktowych i ich faz. Rozwiązanie tego problemu może być różnorodne. Znane są trzy podstawowe metody zapewnienia synchronizmu, a mianowicie:

1. W wyniku synchronizacji przebiegów za pomocą centralnego zegara taktowego. Zegar matka, w/g którego regulowana jest praca w całej sieci łączności /w podległych węzłach/, wyznacza się na centrali podstawowego węzła łączności. Omawiany system synchronizacyjny jest prosty, lecz może okazać się zawodnym w warunkach oddziaływania środków rażenia.
2. W wyniku synchronizacji przebiegów za pomocą średniej wartości taktowej, uzyskiwanej w wyniku równoprawnego

współdziałania generatorów taktowych central współpracujących węzłów. System ten charakteryzuje się określoną złożonością.

3. W wyniku zastosowania indywidualnych pamięci buforowych w zakończeniu traktów liniowych na węzłach łączności, niwelujących różnicę w przebiegach strumieni wychodzących z traktów liniowych w stosunku do pożądanego ich przebiegu w centrali. Układ realizowany w/g podanej zasady przyjęto nazywać "resynchronizujący"<sup>x/</sup>.

Zastosowanie w przyszłości urządzeń teletransmisyjnych i komutacyjnych, funkcjonujących na zasadzie czasowej wiązać się będzie z rozwiązaniem szeregu problemów. Między innymi ważnym zagadnieniem jest zabezpieczenie poprawnej pracy sieci w przypadku wykorzystywania różnych torów teletransmisyjnych i systemów urządzeń telekomunikacyjnych w celu zapewnienia możliwości:

- zestawiania kanałów łączności na różnorodnych liniach łączności /przewodowe, radioliniowe, troposferyczne, radiowe/ w jeden łańcuch teletransmisyjny;
- łączenia traktów liniowych różnorodnych linii łączności w jednolity szerokokresowy kanał teletransmisyjny;
- sprzęgania między sobą urządzeń kanałotwórczych, komutacyjnych i końcowych występujących na węzłach łączności;
- sprzęgania EMC i urządzeń peryferyjnych zainstalowanych w miejscach pracy osób funkcyjnych i w ośrodkach obliczeniowych odpowiednio z kanałami łączności i urządzeniami węzłów łączności.

---

x/ Według podanej zasady pracuje elektroniczny system komutacyjny E-10 wdrożony do produkcji i eksploatacji w Polsce przez resort łączności w oparciu o licencję francuską. Uznaje się, że rozwiązania przyjęte w systemie E-10 są przodujące w skali światowej.

W wyniku zastosowania krotnic cyfrowych i telekomunikacyjnych central elektronicznych, wykorzystujących wspólną zasadę wielokrotnego wykorzystania torów /pola komutacyjnego/ przez rozdział czasowy oraz jednolite podzespoły elektroniczne /obwody scalone/ doszło do integracji techniki wykorzystywanej w systemach łączności. Centrale telekomunikacyjne takich systemów są uniwersalne i umożliwiają komutację telefoniczną, telegraficzną i transmisji danych, zapewniając integrację usług. Systemy łączności wykorzystujące cyfrową sieć zintegrowaną określa się mianem zintegrowanych systemów łączności.

Zintegrowane systemy łączności umożliwiają stosowanie komutacji wiadomości. Komutacja kanałów jest charakterystyczna dla sieci telefonicznych, jakkolwiek obecnie jest stosowana również w sieciach telegraficznych i transmisji danych cyfrowych. Komutacja wiadomości jest przyszłościowym sposobem komutacji, umożliwiającym zwiększenie wykorzystania przepustowości kanałów łączności o około 50%. Polega ona na magazynowaniu informacji w centralach telekomunikacyjnych i następnie stosownie do adresów //zawartej w tekście informacji/, kryteriów pilności i zajętości łączy dalekosiężnych, transmitowaniu ich do kolejnych węzłów łączności /central telekomunikacyjnych/, a w końcowym efekcie do adresatów. Ten rodzaj komutacji może być stosowany w transmisjach telegraficznych i danych cyfrowych. Należy założyć, że w zintegrowanych systemach łączności będzie wykorzystywana zarówno komutacja kanałów /przede wszystkim łączność telefoniczna/ jak i komutacja wiadomości /łączność telegraficzna i transmisja danych cyfrowych/.

Jak to zostało podkreślone, w toku charakteryzowania telekomunikacyjnych central elektronicznych, elektroniczne maszyny cyfrowe mogą występować jako elementy składowe systemu łączności i wykonują szereg funkcji o zasadniczym charakterze z punktu widze-

-nia sterowania procesami eksploatacyjnymi.

Zadania EMC, jako urządzeń sterujących eksploatacją sieci łączności, mogą być następujące:

- formowanie kolejności transmisji wiadomości stosownie do kryteriów ich ważności i pilności;
- dokonywanie połączeń stosownie do kategorii ważności abonentów z uwzględnieniem połączeń kierunkowych /między dwoma abonentami/ oraz typu rozgłoszeniowego /od jednego abonenta do kilku/ itp;
- wybór optymalnych łańcuchów teletransmisyjnych, co w warunkach awaryjności łączności wskutek oddziaływania nieprzyjaciela jest zadaniem szczególnej rangi;
- dopasowywanie różnych szybkości transmisji;
- komutowanie kanałów i wiadomości;
- sprawdzenie stopnia wierności transmisji i w przypadku występowania przekłamań żądanie ich powtórnego przekazu;
- utajnianie transmitowanych wiadomości z bardzo wysoką mocą kryptograficzną;
- zapewnienie współpracy pomiędzy EMC zapewniających automatyzację dowodzenia z różnymi urządzeniami wyjściowo - wejściowymi i końcowymi, występującymi na punktach dowodzenia.

Wprzęgnięcie EMC do sterowania systemami łączności sprawia, że uzyskują one nowe wyższe jakości, nieporównywalne z uzyskiwanymi w sieciach sterowanych przez operatorów łączności.

Rozwój wojskowych systemów łączności wiąże się nie tylko z przejściem na transmisję sygnałów dyskretnych oraz integrację technik i usług, lecz wymaga wprowadzenia udoskonaleń w szeregu dziedzinach, do których należy przede wszystkim zaliczyć:

- opanowanie nowych zakresów częstotliwości dla potrzeb

środków łączności;

- rozwiązanie problemu kompatybilności elektromagnetycznej;
- wdrożenie samoadaptacyjnych linii łączności;
- zwiększenie wydajności urządzeń łączności w stosunku do ich wagi;
- skrócenie czasu rozwijania środków i węzłów łączności;
- wprowadzenie na wyposażenie wozów dowódczych i sztabowych urządzeń automatyzacji dowodzenia.

Przeliczenia tylko niektórych kierunków modernizacji systemów łączności wskazuje jak głębokie zmiany będą dokonane w systemach łączności.

Opanowanie nowych zakresów częstotliwości jest niezbędne w związku z planowanym wprowadzeniem troposferycznych stacji radioliniowych oraz potrzebą rozszerzenia zakresu częstotliwości radiostacji ultrakrótkofalowych i horyzontalnych stacji radioliniowych. Rozszerzenie zakresów częstotliwości sprzyjać będzie bezkolizyjnemu przydziałowi fal środkom radiowym i radioliniowym. Zakłada się na przykład, że radiostacje ultrakrótkofalowe winny posiadać conajmniej 10 razy więcej częstotliwości roboczych w stosunku do ilości fal jakimi dysponują obecnie stosowane radiostacje. Ograniczenie pasywnego promieniowania, występującego w aktualnie stosowanych środkach zapewni właściwe warunki ich wykorzystania. Zasadniczą cechą perspektywicznych systemów łączności powinna być ich zdolność przeciwstawiania się celowym zakłóceniom. Taką właściwość można osiągnąć w wyniku stosowania ultraszybkich transmisji i samoadaptacyjnych urządzeń przestrających automatycznie sieci i kierunki łączności na zawczasu przygotowane fale w wypadku pojawiania się zakłóceń.

Budowa urządzeń łączności, w oparciu o obwody scalone, metodami projektowania logicznego, przy wykorzystaniu teorii automatów

skończonych i układów logicznych pozwoli obniżyć ciężar środków łączności. Zakłada się na przykład, że radiostacje szczebla taktycznego będą posiadały moc 2W na 1 kg wagi, a szczebla operacyjnego 1,4W na 1 kg wagi<sup>x/</sup>.

Perspektywiczne środki łączności powinny charakteryzować się znaczną mobilnością. Oznacza to, że powinny posiadać zdolność przemieszczania się w terenie zdeformowanym /w rejonach pożarów, zatopów, zawałów, skażeń itp./, zapewnienia łączności w ruchu na pożądane odległości, a ponadto powinny umożliwiać szybkie rozwinięcie łączności na postoju. Najbardziej rozbudowanymi elementami systemów łączności są węzły łączności. Czas ich rozwijania limituje gotowość łączności.

Przewiduje się, że węzły łączności punktów dowodzenia będą zapewniały gotowość łączności w czasie około 3 - krotnie krótszym od obecnie osiąganym. Rozwiązania organizacyjno - techniczne węzłów łączności stanowisk dowodzenia na poszczególnych szczeblach dowodzenia powinny umożliwiać ich rozwinięcie w czasie:

- pułku - do 25 min;
- dywizji - od 30 min. do 40 min;
- armii - od 70 min. do 80 min.

Znacznym zmianom ulegnie również ukończenie wozów dowodzenia i sztabowych. Obok środków łączności na ich wyposażeniu znajdują się również urządzenia automatyzacji dowodzenia, włącznie z mini-komputerami.

Rekonstrukcja wojskowych systemów łączności nie zostanie dokonana w formie jednorazowego aktu. Będzie to wieloletni proces przechodzenia od niższych jakości do wyższych przy stałym wzroście ilościowym środków łączności nowego typu i wycofywaniu z użytku

---

x/ Obecnie środki radiowe na szczeblu taktycznym charakteryzują się mocą promieniowania / 0,5 ÷ 1,0/W na 1 kg wagi, a szczebla operacyjnego /0,1 ÷ 0,5/ W na 1 kg wagi.

urządzeń fizycznie i "moralnie" nieprzydatnych.

W okresie przechodzenia od kompleksowych systemów łączności /analogowych/ do zintegrowanych systemów łączności /cyfrowych/ będą wykorzystywane sieci analogowe i cyfrowe. Te przejściowe struktury organizacyjno - techniczne systemów łączności przyjęto nazywać mieszanymi systemami analogowo - cyfrowymi. Okres stosowania systemów mieszanych może trwać ponad 10 lat.

Reasumując można stwierdzić, że zwiększenie efektywności wykorzystania wojsk zależy od dwóch czynników:

- przejścia od klasycznych sposobów dowodzenia do zautomatyzowanych;
- wdrożenia w początkowym okresie mieszanych systemów łączności analogowo - cyfrowych i docelowo zintegrowanych systemów łączności cyfrowych.

## ZASADY DZIAŁANIA KROTNIC ANALOGOWYCH

Zwielokrotnienie torów metodą częstotliwościową znalazło powszechne zastosowanie w aktualnie wykorzystywanych w wojsku polowych urządzeniach teletransmisyjnych takich jak:

- stacjach radioliniowych R-405Z, R-403, R-405PT i R-409M;
- w urządzeniach telefonii nośnej P-304, UTfW 3/6/CZAJKA/;
- w urządzeniach telegrafii wielokrotnej P-318, UTgW 3/6/12 /LEDA/;
- w urządzeniach transmisji danych UTD - 1200/KACZENIEC/.

Przy zwielokrotnieniu metodą częstotliwościową w widmie częstotliwości o szerokości  $F_2 - F_1$  umieszcza się pasma kanałowe o szerokości

$F$ . W zależności od szerokości uwielokrotnionego widma częstotliwości w pasma kanałowe, uzyskuje się odpowiednią ilość kanałów określoną liczbą  $n$ .

$$n = \frac{F_2 - F_1}{F}$$

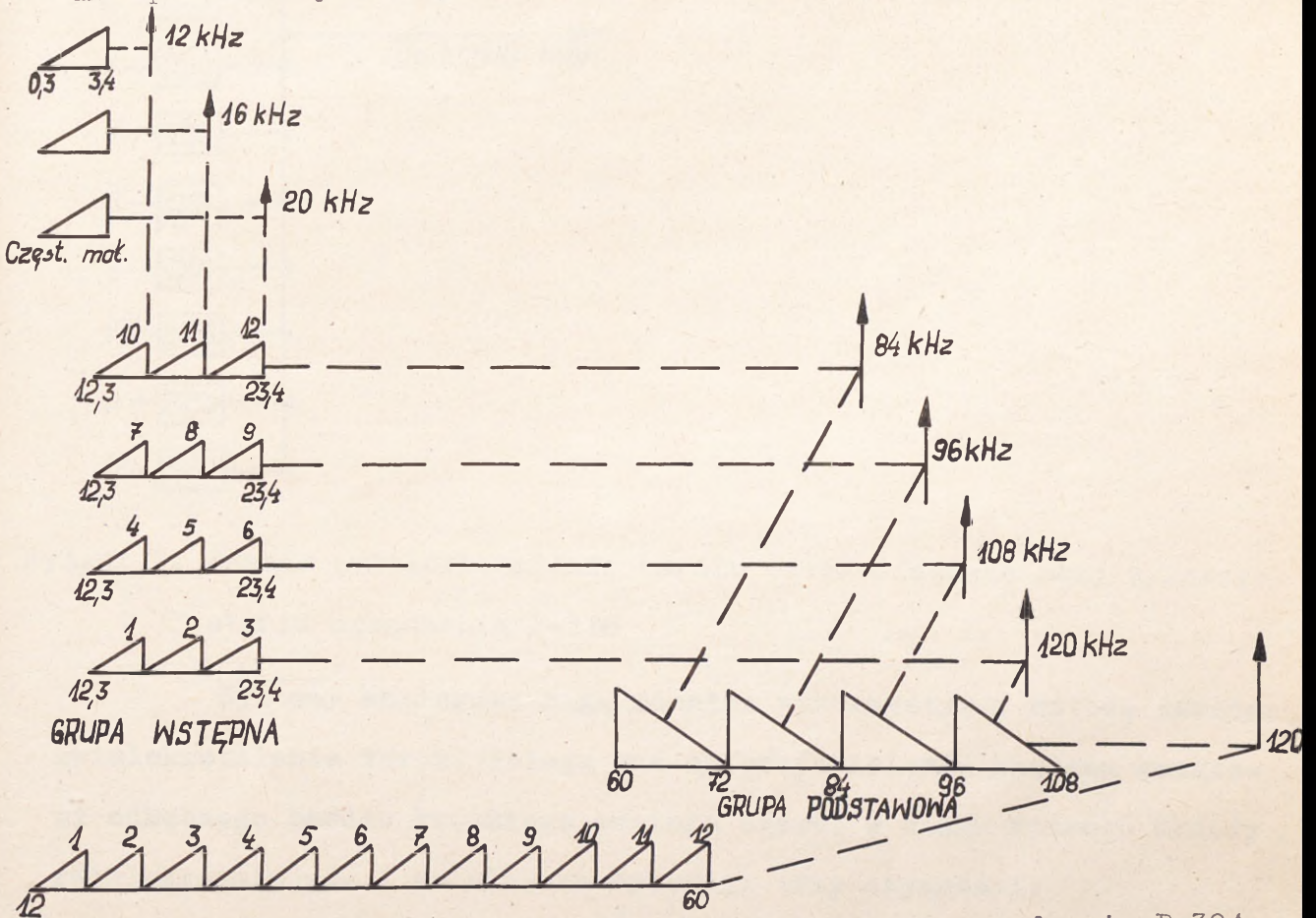
Przykładowo w urządzeniu P - 304 uzyskuje się 12 kanałów telefonicznych w wyniku wykorzystania widma 12 kHz  $\div$  60 kHz. Przemianę tą przedstawiono na rys. nr 1.

W urządzeniach telegrafii wielokrotnej impulsy prądu stałego zamienione są na przepływy dwóch częstotliwości. Na przykład w urządzeniu P - 318 zajmującym w kanale telefonicznym pasmo od 0,3 kHz do 2,7 kHz poszczególne kanały telegraficzne uzyskuje się w wyniku zmiany w granicach  $\pm$  50 Hz częstotliwości kanałowych, co przedstawiono na rys. nr 2.

W przypadku stosowania urządzenia transmisji danych UTD-1200 przy szybkości modulacji 600 Bd wykorzystuje się pasmo 350 Hz do 1900 Hz z następującym przeznaczeniem:

- częstotliwość nośna sygnału informacji 1500 Hz manipulowana jest przesuwem  $\pm 200$  Hz;

- częstotliwość nośna sygnału sprzężenia zwrotnego 420 Hz manipulowana jest z przesuwem  $\pm 300$  Hz.

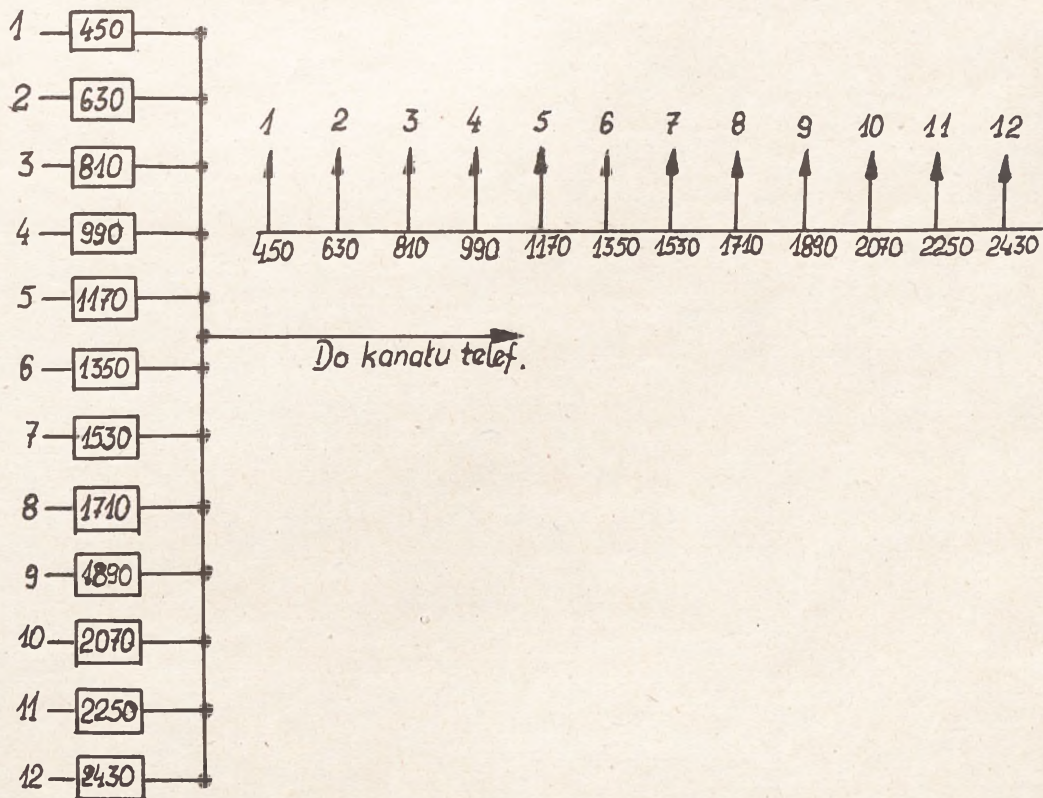


Rys. 1. Zasada formowania sygnałów wielokrotnych w urządzeniu P-304.

Przy szybkości modulacji 1200 Bd wykorzystuje się pasmo 350 Hz do 2400 Hz z następującym przeznaczeniem:

- częstotliwość nośna sygnału informacji 1700 Hz manipulowana jest z przesuwem  $\pm 400$  Hz;

- częstotliwość nośna sygnału sprzężenia zwrotnego jak w przypadku szybkości modulacji 600 Bd.



Rys.nr 2. Zasada zwielokrotnienia kanału telefonicznego przy wykorzystaniu urządzenia P-318

Systemy analogowe mogą również wykorzystywać metodę czasową zwielokrotnienia torów. Polega ona na przydzieleniu każdemu kanałowi odrębnego bardzo krótkiego odcinka czasu, w ciągu którego układy zwielokrotniające i modulujące wykonują trzy czynności:

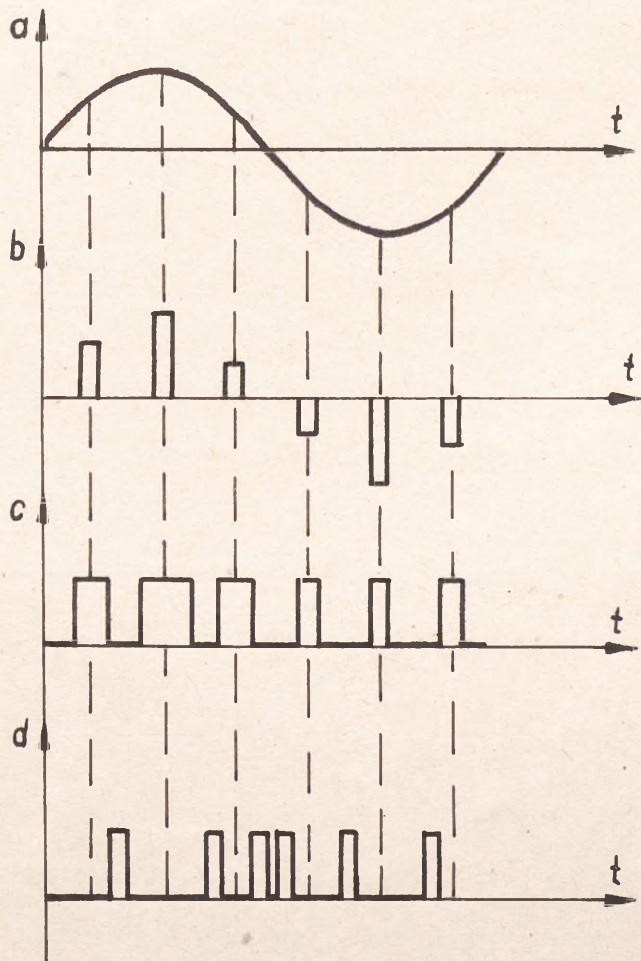
- pobierają próbkę z przesyłanej informacji;
- stosownie do wartości próbki i w zależności od typu modulacji przydzielają impulsowi odpowiedni parametr;
- umieszczają dany parametr w odpowiednim przedziale czasu.

Proces pobierania próbek nazywa się próbkowaniem. W lukach pomiędzy dwoma kolejnymi próbkami tego samego kanału umieszczane są próbki pozostałych kanałów. Do modulacji tych określonych również mianem czasowo - analogowych zaliczamy modulacje:

- szerokości impulsów /PWM - Pulse With Modulation/;

- położenie impulsów /PPM - Pulse Position Modulation/.

W modulacjach czasowo - analogowych zasługuje na uwagę fakt odtwarzania próbek z dowolnie dużą dokładnością.



Rys.nr 3. Zasada działania krotnic czasowo - analogowych.

a - sygnał

b - próbkowanie

c - PWM

d - PPM

Na przykład: w radiolinii R - 404 informacja o postaci sygnału mowy nie jest przekazywana w sposób ciągły, lecz za pomocą krótkotrwałych impulsów o czasie trwania 0,5 Msek. Następny impuls tego samego sygnału jest przesyłany po upływie 120 usek. tj. z częstotliwością próbkowania 8 kHz. W radiolinii tej wykorzystuje się modulację położenia impulsu / zwaną także modulacją fazy/.  
Ponieważ zastosowano system zwielokrotnienia 24 kanałowy generator

taktowy /częstotliwości próbkowania/ wytwarza ciąg impulsów z częstotliwością  $/24 \times 8000/\text{Hz} = 192000 \text{ Hz}$ .

## ZASADY DZIAŁANIA KROTNIC CYFROWYCH

/z modulacją ziarnistą/

Zwiększenie zapotrzebowania na przesyłanie sygnałów dyskretnych wprowadziło konieczność zmiany techniki teletransmisyjnej. Obecne tendencje zmian określane mianem "cyfryzacji" sieci telekomunikacyjnej wiążą się z istotnymi zaletami wielokrotnych systemów czasowych z modulacją ziarnistą /a nie analogową/. Urządzenia służące do zwielokrotnienia utworzonych torów teletransmisyjnych w tym systemie nazywamy krotnicami<sup>x/</sup> cyfrowymi. Istotną zaletą tych krotnic jest to, że są one znacznie prostsze niż krotnice systemów częstotliwościowych.

Systemy o zwielokrotnieniu czasowym z modulacją ziarnistą charakteryzują się następującymi zaletami:

- dużą odpornością na zakłócenia;
- małą wrażliwością na zmiany parametrów toru;
- krotnice tych systemów są znacznie prostsze niż krotnice systemów częstotliwościowych.

W zwielokrotnieniu czasowym, każdemu kanałowi przydziela się w torze teletransmisyjnym bardzo krótki odcinek czasu, w ciągu którego pobiera się próbkę przebiegu przesyłanego i powtarza w stałych odstępach czasowych.

W modulacji ziarnistej próbki te poddaje się modulacji, podczas której informacja o ich wysokości zastępowana jest innym parametrem, przy czym dany parametr odtwarza wielkość próbki z ograniczoną dokładnością / w modulacji analogowej dany parametr odtwarza wielkość próbki teoretycznie z dowolnie dużą dokładnością/.

---

x/ Krotnica - urządzenie zwielokrotniające tor telekomunikacyjny.

Rozróżnia się dwa rodzaje modulacji ziarnistej:

- modulację impulsowo - kodową /nazywaną w skrócie kodową/  
oznaczoną w literaturze skrótem PCM<sup>x/</sup>;

- modulację różnicową zwaną w literaturze "delta".

W modulacji kodowej /PCM/ przekazuje się za pomocą odpowiedniego kodu informację o wielkości próbki. Oznacza to, że informację o wielkości próbki przesyłamy za pomocą odpowiedniej kombinacji /układu/ impulsów. Aby uzyskać określoną wierność i jakość przekazywanego sygnału, częstotliwość próbkowania /fp/<sup>xx/</sup> musi być dostatecznie duża, tj. conajmniej 2-krotnie wyższa od największej częstotliwości sygnału przesyłanego /fg/.

Dla kanałów telefonicznych o szerokości widma  $0,3 \div 3,4$  kHz winna ona wynosić 6,8 kHz. W praktyce /stosownie do zaleceń CCITT<sup>xxx/</sup> przyjmuje się częstotliwość próbkowania równą  $f = 8$  kHz. Z sygnału przesyłanego /wykres "a"/ w wyniku próbkowania otrzymujemy ciąg impulsów /wykres "b"/ odpowiadających wysokością amplitudzie sygnału a. W zależności od przedziału napięcia /paska/ w którym się znajdują zostają one zastąpione odpowiednią kombinacją /kodem/ kilku impulsów /wykres c/.

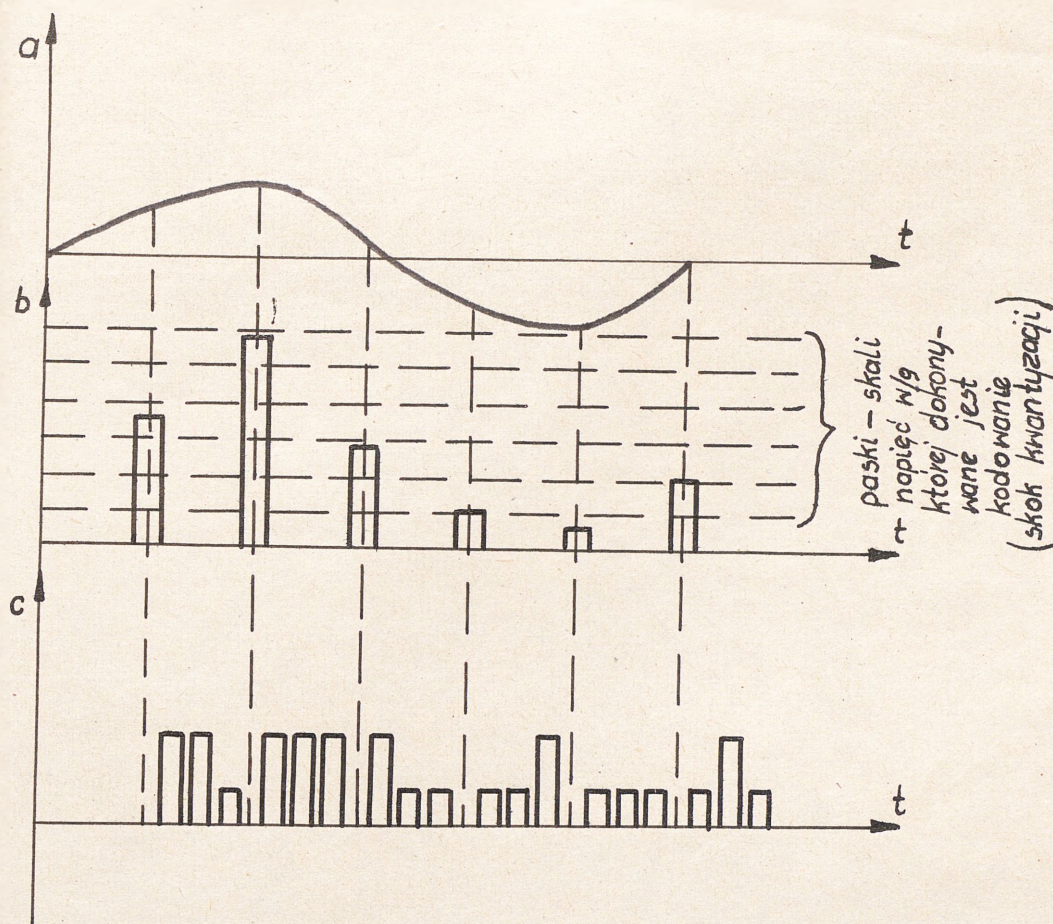
Jeżeli ilość impulsów w kombinacji wynosi n, to pasków na skali napięcia jest  $2^n$ .

---

x/ PCM - /ang./ Pulse - Code - Modulation.

xx/ Częstotliwość próbkowania - częstotliwość pobierania próbek z przesyłanego sygnału.

xxx/ CCITT - skrót nazwy Międzynarodowego Komitetu Doradczego Telefonii i Telegrafii.



Modulacja impulsowo - kodowa /PCM/. /a - sygnał akustyczny, b - ciąg próbek, c - ciąg kodowych impulsów/.

Systemy PCM małej krotności wyszły na świat ze stadium eksperymentalnego i są obecnie produkowane na dużą skalę, przede wszystkim o krotnościach 24 i 30/32 - kanałów telefonicznych. Zastosowano je przede wszystkim do zwielokrotniania kabli miejskich i okręgowych.

W Polsce system PCM - 30/32 został opracowany w 1974 r. W stacjonarnym systemie łączności MON przeprowadzono próby zastosowania krotnic PCM do zwielokrotnienia sieci abonenckich /wewnątrz-garnizonowych/. Charakteryzuje się on następującymi parametrami:

- częstotliwość próbkowania wynosi :  $f_p = 8 \text{ kHz}$ ;
- ilość szczelin kanałowych - 32;
- ilość kanałów rozmównych: 30;

- liczba bitów w szczelinie kanałowej wynosi:  $n = 8$ ;

- liczba stopni kwantyzacji wynosi /ilość pasków na skali napięcia/:  $2^8 = 256$ ;

- szerokość widma jednego kanału telefonicznego wynosi:

$$F = f_p \cdot n = 8 \cdot 8 = 64 \text{ kHz};$$

- czas trwania pojedynczego impulsu:  $t_i = 0,488 \text{ usek}$ ;

$$\text{przepływność binarna: } \frac{1}{t_i} = \frac{1}{0,488 \text{ usek}} = \frac{10^6}{0,488} = 2048 \text{ kbit/sek};$$

- szerokość pasma transmitowana przez tor telekomunikacyjny

$$F = N \cdot F = 32 \cdot 64 \text{ kHz} = 2048 \text{ kHz};$$

$$\text{Częstotliwość maksimum mocy gęstości widmowej: } \sigma = \frac{F}{2} = \frac{2048 \text{ kHz}}{2} = 1024 \text{ kHz};$$

- czas trwania jednej szczeliny kanałowej równej 8 bitom wynosi:  $T_k = 8 \cdot t_i = 8 \cdot 0,488 \text{ usek} = 3,9 \text{ usek}$ ;

- czas trwania jednej ramki<sup>x/</sup>:

$$T_r = N \cdot T_k = 32 \cdot 3,9 \text{ usek} \approx 125 \text{ usek};$$

- czas trwania wieloramki /zawiera 16 ramek/:

$$T_w = 16 \cdot T_r = 16 \cdot 125 \text{ usek} = 2000 \text{ usek} = 2 \text{ msec};$$

- zakres częstotliwości kanału rozmównego: 300 - 3400 Hz;

- poziom nadawania i odbioru:

a/ dwutorowo:

$$P_{we}j: - 13 \text{ dB } /- 1,5 \text{ Np/}$$

$$P_{wy}j: + 4,3 \text{ dB } /+0,5 \text{ Np/}$$

b/ jednotorowo:

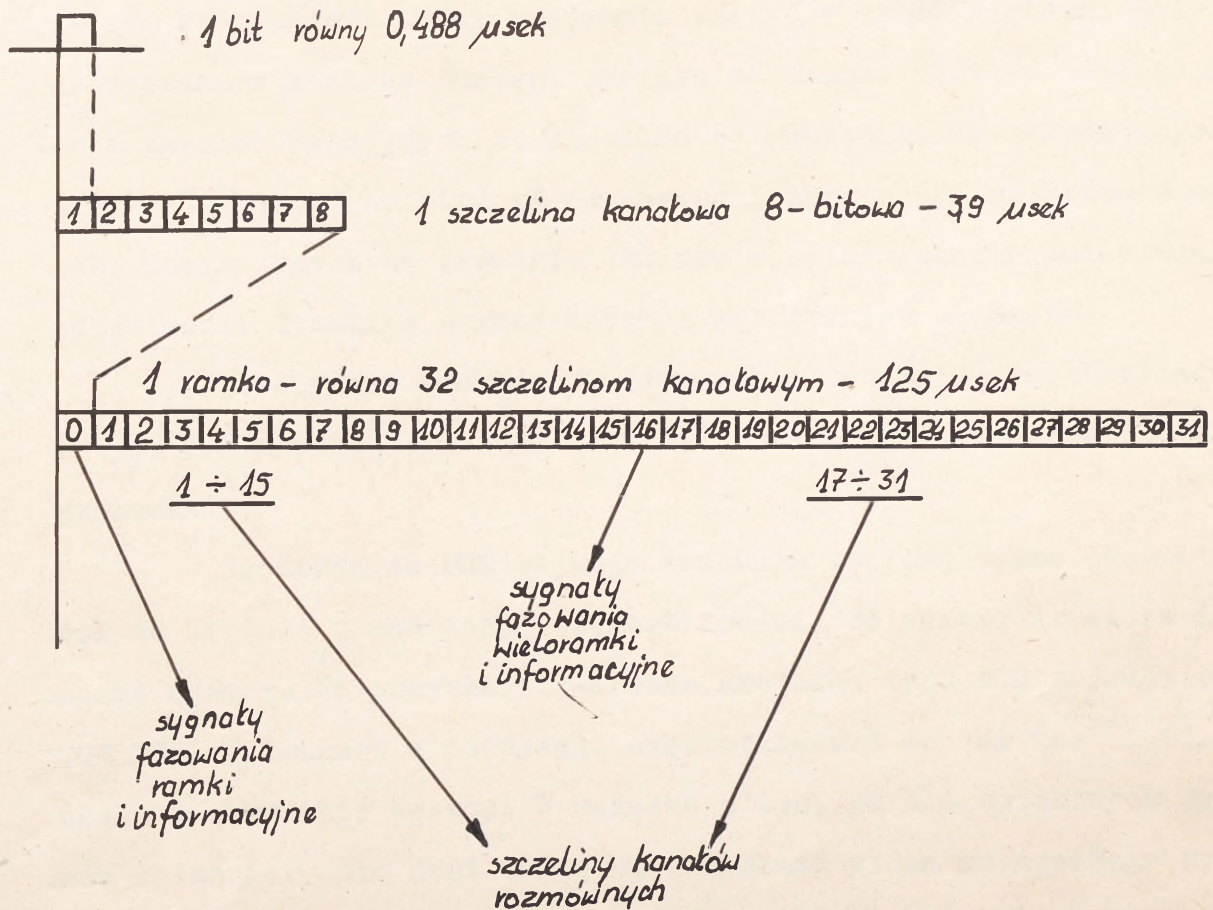
$$P_{we}j: 0 \text{ dB } /0 \text{ Np/}$$

$$P_{wy}j: - 1,7 \text{ dB } /-0,2 \text{ Np/}$$

---

x/ Ramką nazywa się zbiorczy sygnał dla jednego cyklu, zawierającego informacje z 30 kanałów rozmównych oraz informacje dla celów synchronizacji i sygnalizacji.

Strukturę czasową ramki systemu PCM 30/32 przedstawia poniższy rysunek.



Utrzymanie synchronizmu pracy krotnie cyfrowych zapewnia się za pomocą generatora kwarcowego, sterującego pracą zegarów.

W krotnicy występują następujące typy zegarów:

- zegar liniowy nadawczy i odbiorczy określający przepływność binarną systemu;
- nadawczy /odbiorczy/ zegar cyfrowy wyznaczający czasowe bitów w ramach szczeliny kanałowej;
- zegar kanałowy nadawczy /odbiorczy/ sterujący pobieraniem próbek z sygnału rozmównego /i odtwarzaniem sygnału analogowego/;
- zegar ramek /nadawczy i odbiorczy/ zapewniający fazowanie ramki sygnałem kanału "zerowego" i wieloramki za pomocą sygnału 16-tego kanału.

Ponieważ w modulacji PCM wartość przesyłanego sygnału odtwarzana jest z ograniczoną dokładnością, występują zniekształcenia zwane szumem kwantyzacji. Przy kodowaniu sygnałów telefonicznych dąży się do uzyskania stałego odstępu sygnału od szumu. Dlatego wejścia i wyjścia kanałów rozmównych są włączone do komparatorów, składających się z kompresora po stronie nadawczej i ekspandora po stronie odbiorczej, działających na zasadzie układów elektronicznych zmieniających odpowiednio dynamikę przesyłanych i odbieranych sygnałów.

Porównanie krotnic analogowych z modulacją częstotliwości i typu PCM wskazuje na dość istotną różnicę występującą w ich zastosowaniu:

1. Krotnice PCM zajmują znacznie szersze pasmo częstotliwości od krotnic z modulacją częstotliwości, co należy uznać za ich cechę ujemną. Na przykład: 12-krotne krotnice typu PCM zajmują pasmo 704 kHz, natomiast z modulacją częstotliwości do 108 kHz<sup>x/</sup>, tj. około 7 - krotnie węższe. W związku z tym, że dla wojskowych systemów łączności nie jest obojętna szerokość widma zajmowanego przez urządzenia zwielokrotniające, w rozwiązaniach wojskowych krotnic cyfrowych zarysuje się tendencja zawężenia pasma, co można uzyskać w wyniku zmniejszenia częstotliwości próbkowania, lub liczby bitów w szczelinie kanałowej<sup>xx/</sup>.

---

x/ Urządzenie TN/2/24 pracujące na linii jednokablowej.

xx/ Na przykład: w przypadku przyjęcia częstotliwości próbkowania równej  $f_p = 8$  kHz oraz tylko 6 bitów w szczelinie kanałowej  $n=6/$  to szerokość widma kanału telefonicznego wyniesie  $F = f_p \cdot n = 8 \cdot 6 = 48$  kHz. W tym przypadku wystąpi niższa zrozumiałość w porównaniu z kanałem o szerokości 64 kHz. O ile przyjąć częstotliwość próbkowania  $f_p = 6$  kHz / w tym przypadku zakres częstotliwości kanału analogowego należałoby ograniczyć do 2,7kHz/ to szerokość widma kanału telefonicznego przy liczbie bitów w szczelinie kanałowej  $n = 8$  wyniesie  $F = f_p \cdot n = 6 \cdot 8 = 48$  kHz.

2. Na liniach kablowych zwielokrotnionych krotnicami cyfrowymi zamiast wzmacniaczy przelotowych stosuje się regeneratory impulsów, rozmieszczone średnio w odległościach  $1,5 \pm 3$  km.

3. Krotnice systemu PCM zapewniają tłumienność wynikową obniżoną do wartości  $1,7 \text{ dB}/0,2 \text{ Np}/$ . W krotnicach z modulacją częstotliwości tłumienność wynikowa łączy jednotorowych wynosi  $8,7 \text{ dB} / 0,8 \text{ Np}/$ .

Należy podkreślić, że korzyści wynikające ze stosowania sygnałów cyfrowych w sieciach telekomunikacyjnych sprawiły, że CCITT /jak również Komisja Łączności RWPG/wszczęło prace normalizacyjne mające na celu ukierunkowanie rozwoju ogólnosiwiatowej zintegrowanej sieci cyfrowej, opartej na krotnicach PCM wykorzystywanych na dalekosiężnych torach kablowych i radioliniowych. W związku z tym zaleca się, aby krotnice drugiego rzędu o przepływności 8448 kbit/sek. tworzyć z czterech krotnic pierwszego rzędu PCM 30/32. Proponuje się też krotnice trzeciego i czwartego rzędu przy 4-krotnym zwiększeniu hierarchicznym przepływności kolejnych poziomów krotnic, tj. odpowiednio do 34368 kbit/sek. i 139264 kbit/sek.

Obecnie coraz większą uwagę zwraca się na modulację różnicową "delta". Wprowadzono ją do armii państw NATO już w latach 1960-tych /np. brytyjski system BRUIN/. Cyfryzacja wojskowej łączności NATO jak przewiduje się w latach 1980-tych oparta będzie na systemie PTARMIGAN /oparty na modulacji "delta"/. CCITT oraz RWPG zajmuje się również tym typem modulacji, a pracę nad nim zainicjowali w krajach naszego "bloku" naukowcy radzieccy.

Wykorzystanie modulacji "delta" zakłada się w systemie o niższych przepływnościach tj. poniżej 2048 kbit/sek.

Ze względu na swe szczególne zalety, ten typ modulacji może znaleźć szerokie zastosowanie w wojskowych systemach łączności, np: ograniczenie pasma kanału podstawowego z 64 kHz/w systemie PCM/ do 16 kHz/w perspektywie planowane jeszcze 6-krotne zawężenie pasma/ i zwiększa ilość kanałów telefonicznych w magistrali o przepływności

2048 kbit/sek z 30 /w systemie PCM/ do 120.

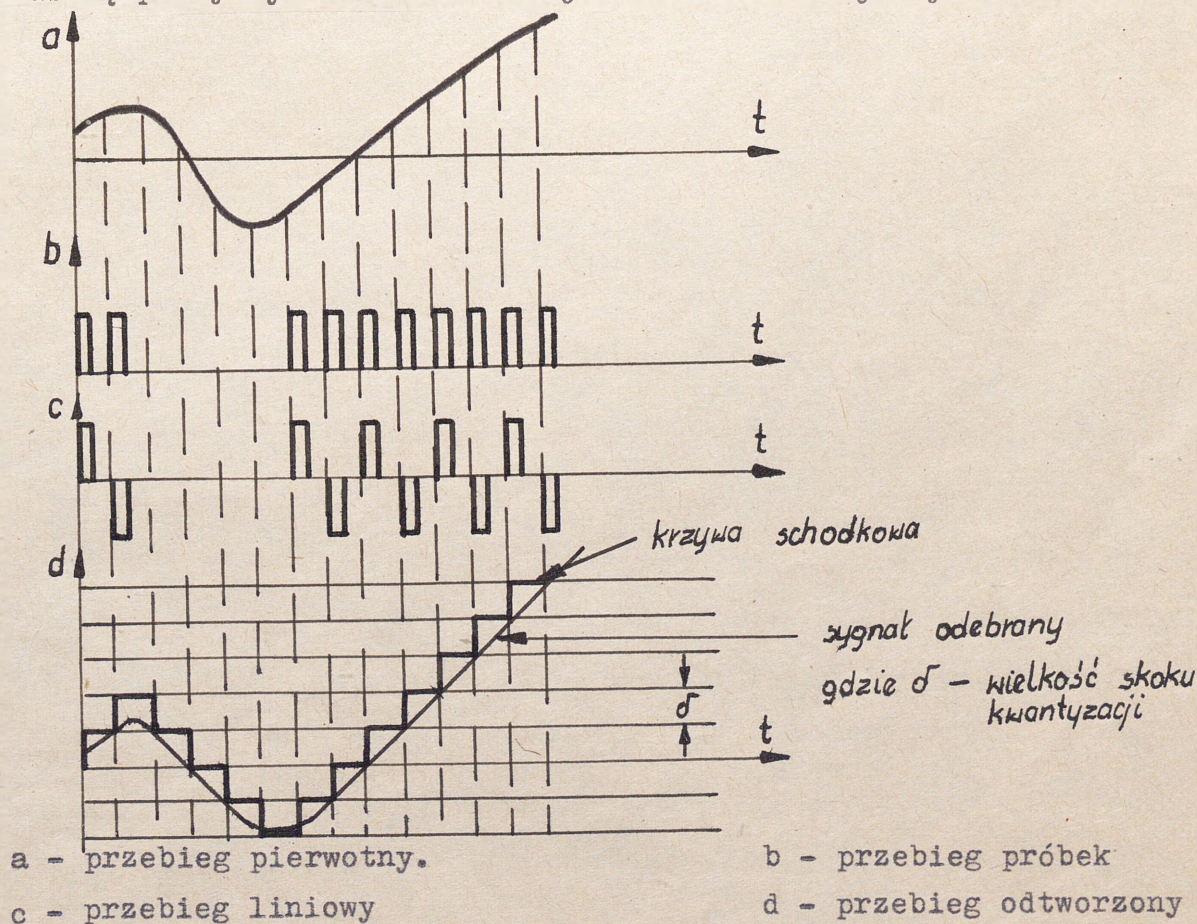
Zasada pracy systemu "delta" polega na przekazywaniu informacji o zmianach wartości sygnału w czasie próbkowania. Istnieją dwie możliwości przepływu sygnału: tj. sygnał wzrasta lub maleje/ przypadku idealnej równości nie bierze się pod uwagę jako mało prawdopodobnego/. Dlatego informacja o zmianach wartości sygnału może być przekazana za pomocą jednego elementu:

- jedynki/plus/, gdy aktualna próbka jest większa od poprzedniej;
- zera/stan bezprądowy/, gdy aktualna próbka jest mniejsza od poprzedniej;

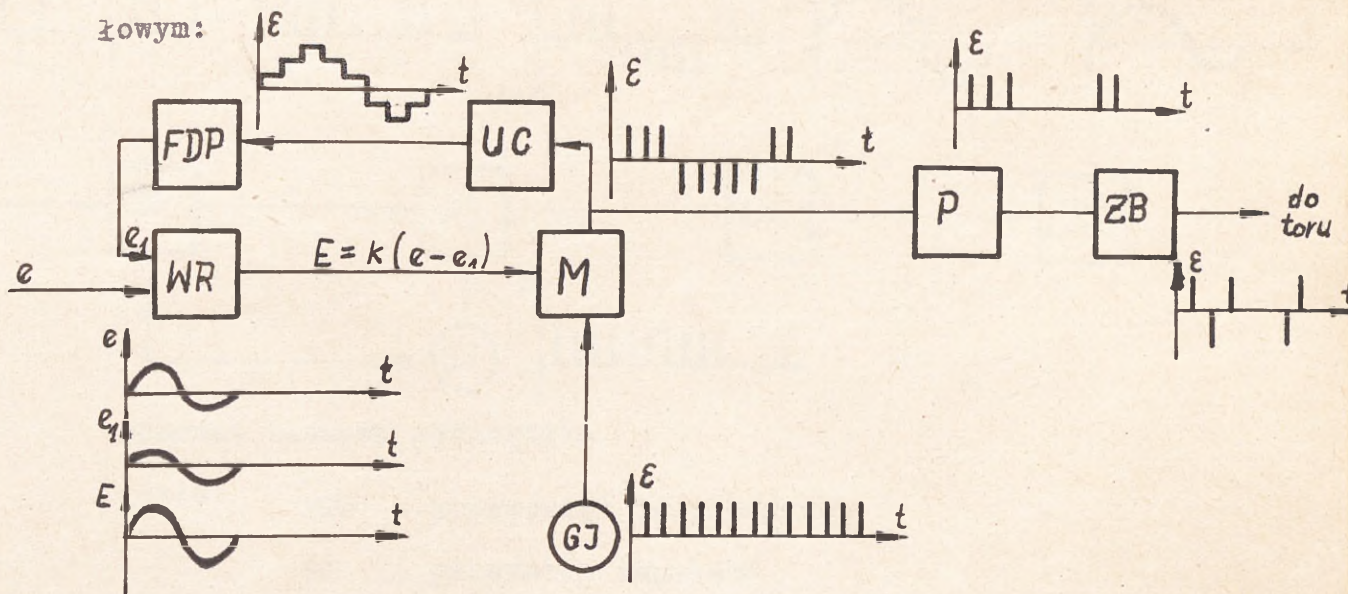
Informacje o zmianach wartości sygnału należy przekazywać ze znacznie większą częstotliwością w porównaniu z częstotliwością próbkowania w systemach PCM tj:

$$f_p^{PCM} \ll f_p^{\Delta}$$

Zasadę pracy systemu o modulacji delta ilustruje wykres:



Zasadę pracy krotnicy z modulacją "delta" ilustruje uproszczony schemat blokowy nadajnika i odbiornika w układzie jednokanałowym:



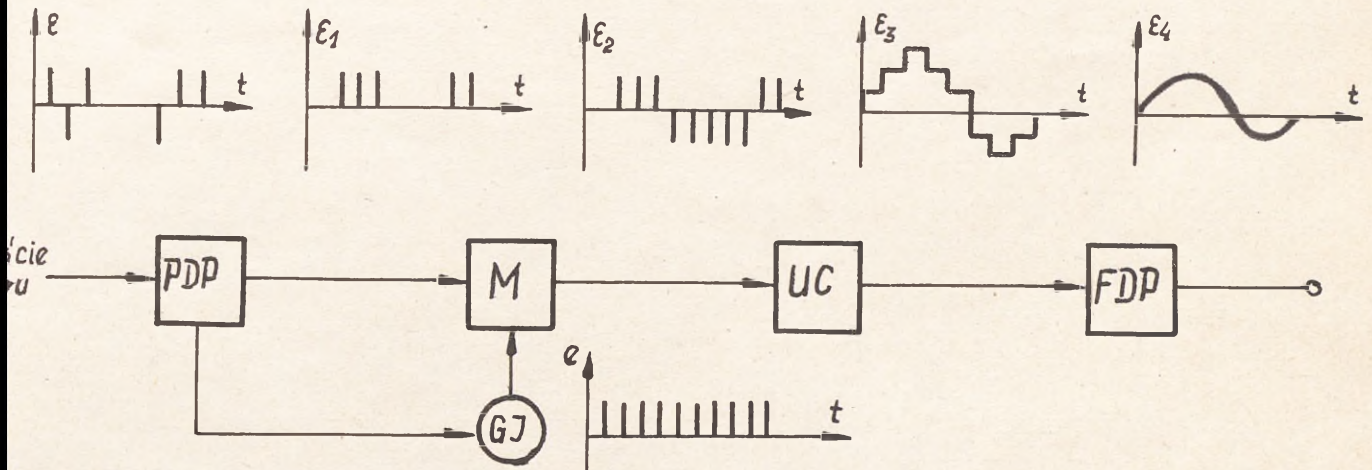
Schemat blokowy nadajnika

- gdzie:
- WR - wzmacniacz różnicowy
  - M - modulator
  - GJ - generator impulsów
  - UC - układ całkujący
  - FDP - filtr dolnoprzepustowy
  - P - prostownik
  - ZB - zmiennik biegunowości.

Wzmacniacz różnicowy przesyła do modulatora różnicę napięć /E/ uzyskaną z wartości napięcia sygnału /e/, od której odejmuje napięcie /e<sub>1</sub>/ doprowadzone poprzez układ zwrotnego sprzężenia /M, UC, i FDP z udziałem GJ/. Przekazywanie do modulatora wzmocnionej różnicy napięć, pozwala zwiększyć dynamikę wzrostu wartości sygnału.

Z modulatora próbkowane napięcie przekazywane jest do prostownika w wyniku czego do toru przekazywane są tylko impulsy dodatnie wskazujące na wzrost wartości sygnału. W celu uniknięcia składowej stałej w torze telekomunikacyjnym zmiennik biegunowości zmienia

polaryzację co drugiego impulsu.



Schemat blokowy odbiornika

- gdzie:
- PDP - prostownik dwupołkowy
  - GJ - generator impulsów
  - M - modulator
  - UC - układ całkujący
  - FDP - filtr dolnoprzepustowy.

Sygnaly odebrane z toru są w pierw prostowane dwupołkowo / $E_1$  /.

Otrzymany przebieg jest wykorzystywany dwojako:

- do synchronizacji generatora impulsów odbiornika;
- do sterowania modulatora odbiornika.

Impulsy dodatnie / $E_1$  / modulator przepuszcza bez zmian, natomiast zamiast stanów bezprądowych wysyła impulsy o ujemnej polaryzacji podawane z generatora impulsów, wytwarzając sygnał  $E_2$ . W układzie całkującym impulsy  $E_2$  przetworzone są na przebieg schodkowy / $E_3$  /, który w wyniku filtracji za pomocą filtra dolnoprzepustowego zostaje przekształcony na sygnał nadany.

Opisany wyżej sposób modulacji "delta" nazywany jest w literaturze technicznej metodą "delta" o stałym skoku kwantyzacji<sup>x/</sup>

---

x/ Skok kwantyzacji / $\delta$  / - różnica poziomów napięć wzorcowych porównywanych z wartością napięcia przebiegu przesyłanego dla dwóch sąsiednich próbek kanałowych.

Charakteryzuje się on relatywnie niskim stopniem wierności odtwarzania przebiegu sygnału. Dlatego też w praktyce stosuje się metodę "delta" o zmiennym skoku kwantyzacji. Zmienność skoku kwantyzacji jest regulowana według następującej zasady:

- o ile zmiana wartości sygnału zachowuje tę samą tendencję to skok kwantyzacji  $\delta$  /wzrasta;

- o ile wartość sygnału zmienia tendencję wzrostu lub zmniejszania się to skok kwantyzacji zmniejsza się.

W tym celu do krotnic "delta" wprowadza się układ logiczny, regulujący skok kwantyzacji. Zastosowanie krotnic z modulacją "delta" o zmiennym skoku kwantyzacji pozwala uzyskać wysoką jakość transmisji.

Wykonano w 4 egz.

Egz.nr. 1-4 - BG.OZS

Wyk.płk PATKOWSKI

Druk.EB.dn.1.12.78r.

Nr ks.masz.Pf 99/KTWŁączn.

