

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA-MIEDZESZYN

BIULETYN

INFORMACYJNY

11(189)

1979

MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

BIULETYN INFORMACYJNY

ROK 19

WARSZAWA 1980

NR 11/189/

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
Branżowy Ośrodek
Informacji Naukowej, Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja Biuletynu Informacyjnego

Redaktor Naczelny - prof. mgr inż. Lesław Kędzierski
Z-ca Redaktora Naczelnego - doc. dr inż. Krystyn Plewko

Redaktorzy działów:

doc. mgr inż. Władysław Cetner, doc. mgr inż. Adam Moniuszko

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowej, Technicznej i Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH RĘKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Redaktor: mgr K. Juskiewicz

Montaż tekstu: B. Drabik

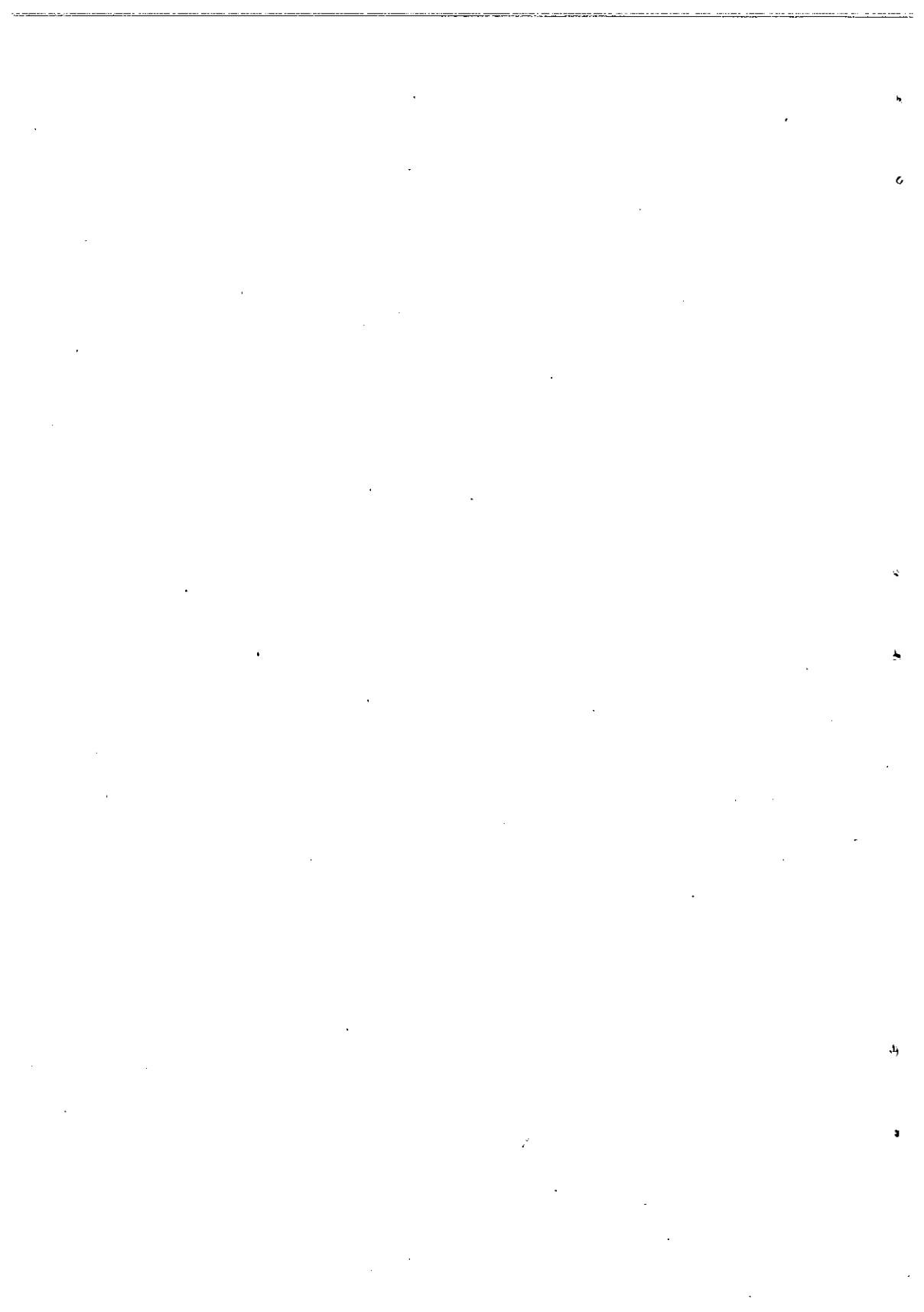
Dział Wydawniczy Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 625. Wpłynęło do
Działu Wydawniczego 14.1.1980 r.
Druk ukończono w marcu 1980 r.

Stanisław Racuk
Włodzimierz Kulczycki

URZĄDZENIA DO TWORZENIA KANAŁÓW RADIOFONICZNYCH
W ANALOGOWYCH SYSTEMACH TELEFONII NOŚNEJ

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Wstęp	1
2. Poziom sygnałów radiofonicznych oraz moc szumów w radiofonicznych łączach nośnych	3
3. Środki stosowane przy tworzeniu kanałów radiofonicznych w celu uzyskania możliwie największej wartości odstępu sygnału od szumu	5
3.1. Układy pre- i deemfazy	6
3.2. Kompandor	7
3.3. Kompandor w pasmie naturalnym czy nośnym?	11
4. Przegląd rozwiązań urządzeń przeznaczonych do tworzenia kanałów radiofonicznych w teletransmisyjnych systemach telefonii wielokrotnej	12
4.1. Urządzenia dla łączy radiofonicznych typu 6,4 kHz lub 7 kHz	12
4.2. Urządzenia dla łączy radiofonicznych typu 10 kHz	17
4.3. Urządzenia dla łączy radiofonicznych typu 15 kHz	22
5. Uwagi końcowe	28
Wykaz literatury	29



URZĄDZENIA DO TWORZENIA KANAŁÓW RADIOFONICZNYCH
W ANALOGOWYCH SYSTEMACH TELEFONII NOŚNEJ

1. WSTĘP

W celu przesyłania sygnałów radiofonicznych od źródła ich wytworzenia do miejsca wykorzystania tworzona jest droga transmisyjna, której główne części przedstawione są na rys. 1^{x/}.

Wszystkie rodzaje występujących łączy mogą być realizowane zarówno w systemach naturalnych z wykorzystaniem do tego celu specjalnych kabli lub par ekranowych w kablach telefonicznych, jak również w systemach nośnych przewodowych i bezprzewodowych /linią radiową/. Jak pokazano na rys. 1, zestaw łączy międzymiastowych może przebiegać w obrębie jednego kraju lub też obejmować więcej krajów, tworząc zestaw łączy międzynarodowych.

Do celów projektowych CCITT zdefiniował w Zaleceniu J.11 radiofoniczne łączy odniesienia, co umożliwia określenie norm jakościowych dla poszczególnych typów łączy oraz ustalenie sposobu porównywania różnych typów łączy według wspólnej zasady.

CCITT z uwagi na znamionową szerokość skutecznie przesyłanego pasma różni 3 zasadnicze typy łączy radiofonicznych:

1. łączy radiofoniczne typu 15 kHz

Zgodnie z Zaleceniem E.330 ten typ łączy odpowiada bądź "łączu o bardzo szerokim pasmie", bądź "parze do transmisji stereofonicznych" i wykorzystywany jest do transmisji programów wysokiej jakości mono- i stereofonicznych dla radiofonii w zakresie ultrakrótkofalowym.

Właściwości łączy radiofonicznego typu 15 kHz, mogące zapewnić transmisje monofoniczne i stereofoniczne, są omówione w Zaleceniu J.21, a odpowiednie metody tworzenia są podane w Zaleceniu J.31 oraz w Wymaganiach Technicznych Stałej Komisji Łączności RWPiG na urządzenia do tworzenia kanałów radiofonicznych mono i stereofonicznych o szerokości pasma 15 kHz - załącznik nr 14 do protokołu z szesnastego posiedzenia Komisji.

^{x/} Rysunki zamieszczono na końcu artykułu.

2. łącze radiofoniczne typu 10 kHz

Poprzednio określone było jako "łącze radiofoniczne typu A", a według Zalecenia E.330 odpowiada ono łączu "o szerokim paśmie przenoszenia". Jest zalecane do stosowania tylko do transmisji monofonicznych i pierwotnie było przeznaczone do transmisji radiofonicznych wysokiej jakości. Funkcję tę z zadowalającymi rezultatami może ono jeszcze spełniać przez wiele lat. Właściwości łączy radiofonicznych typu 10 kHz określone są w Zaleceniu J.22, natomiast odpowiednie sposoby ich realizacji w Zaleceniu J.23.

3. łącze radiofoniczne typu 6,4 kHz

Ten typ łącza był poprzednio określony jako "łącze radiofoniczne typu B". Odpowiada ono według E.330 kategorii łączy o "średnim pasmie przenoszenia". Obecnie tego typu łącza przeznaczone są głównie dla transmisji reportażowo-komentatorskich oraz jako łącza dosyłowe do nadajników z modulacją amplitudy. Właściwości łączy radiofonicznych typu 6,6 kHz są określone w Zaleceniu J.23, a odpowiednie sposoby ich realizacji w Zaleceniu J.33. oraz w Wymaganiach Technicznych Stałej Komisji łączności RWPG na urządzenia do tworzenia kanałów transmisji dźwięku o szerokości pasma 6,4 kHz lub 7 kHz - załącznik nr 10 do protokołu szesnastego posiedzenia Komisji.

Jak wspomniano wyżej, w zasadzie, wszystkie rodzaje łączy mogą być realizowane zarówno w systemie naturalnym, jak i nośnym, jednakże wymagania jakościowe stawiane poszczególnym typom łączy znacznie ograniczają ich możliwość organizowania w systemie naturalnym, szczególnie dla łączy dłuższych od kilkudziesięciu km. I tak wszystkie rodzaje łączy typu 6.4 kHz mogą być z powodzeniem realizowane w systemie naturalnym i nośnym. Dla łączy międzymiastowych typu 10 kHz wykorzystuje się już przeważnie systemy nośne, a łącza typu 15 kHz szczególnie do transmisji stereofonicznych organizowane są prawie wyłącznie w systemie nośnym. Jedynie niezbyt długie łącza miejscowe są realizowane w systemie naturalnym, ale dla transmisji stereofonicznych wymagane jest już specjalne selekcjonowanie ze względu na funkcje przenoszenia par radiofonicznych w kablach.

W dalszych rozważaniach zajmiemy się przede wszystkim sposobami tworzenia łączy radiofonicznych w teletransmisyjnych systemach telefonii nośnej. Dla tego celu przyjęto jako bazę pasmo podstawowej grupy pierwotnej B 60 + 108 kHz, gdzie w miejsce odpowiedniej ilości, zależnie od typu łącza, kanałów telefonicznych jest umieszczony kanał radiofoniczny:

- łącze typu 6,4 kHz lub 7 kHz w miejsce 2 lub 3 kanałów telefonicznych,
- łącze typu 10 kHz w miejsce 3 kanałów telefonicznych,
- łącze typu 15 kHz monofoniczne w miejsce 6 lub 12 kanałów telefonicznych,
- a stereofoniczne w miejsce 12 lub 24 kanałów telefonicznych.

2. POZIOM SYGNAŁÓW RADIOFONICZNYCH ORAZ MOC SZUMÓW W RADIOFONICZNYCH ŁĄCZACH NOŚNYCH

Dla celów międzynarodowej wymiany programów radiofonicznych CCITT podał w Zaleceniu J.13 odpowiednie definicje i podział odpowiedzialności, dotyczące międzynarodowych łączy radiofonicznych, a w Zaleceniu J.14 wartości poziomów względnych i impedancje w kompletnym międzynarodowym zestawie łączy radiofonicznych.

Jako ustalenie zasadnicze przy tworzeniu łączy radiofonicznych w telefonicznych systemach nośnych przyjęto, że względny poziom w łączy radiofonicznym, w odniesieniu do względnego poziomu w kanale telefonicznym, powinien być taki, aby wartości średnia i szczytowa sygnałów w kanale radiofonicznym nie przekraczały odpowiednio wartości średniej i szczytowej sygnałów w kanałach telefonicznych, które zostały zastąpione kanałem radiofonicznym.

Ponadto przyjęto, że dla łączy radiofonicznych dynamika sygnałów nie powinna przekraczać 40 dB /na wyjściu ze studia, a przed wejściem na łącze konieczna jest kompresja dynamiki, która w sygnale rzeczywistym wynosi 60 ± 80 dB/ oraz że wartość szczytowa sygnału radiofonicznego w punkcie o poziomie względnym zero systemu nośnego nie może przekraczać 3,1 V, co odpowiada poziomowi napięcia sygnału sinusoidalnego +9 dBm0. Kanały radiofoniczne tworzone są w nośnych systemach telefonicznych, w których powinien być spełniony warunek, że maksymalna wartość mocy psfometrycznego szumu w kanale telefonicznym w punkcie o poziomie względnym zero nie powinna przekraczać 4 pW/km, co dla łącza o długości 2500 km osiąga wartość 10000 pW /-50 dBm0/.

W celu ułatwienia obliczeń przyjmuje się, że występujący szum ma charakter szumu białego, a poziomy względne w łącach telefonicznym i radiofonicznym są identyczne.

Uwzględniając odpowiednie szerokości pasm dla różnych typów kanałów radiofonicznych oraz współczynniki wagi radiofonicznych krzywych psfometrycz-

nych, otrzymamy niżej przedstawione spodziewane wartości szumów na wyjściach nośnych łączy radiofonicznych o długościach 2500 km.

1. łącze typu 6,4 kHz lub 7 kHz:

- a. Eliminacja ważenia dla telefonii 2,5 dB.
- b. Korekcja związana z szerokością pasma +3,2 dB lub 3,5 dB.
- c. Ważenie dla łączy radiofonicznych, według P.53 około 6,6 dB, a według CCIR-468-1 około +9,6 dB.

Spodziewana moc psfometryczna szumu w kanale radiofonicznym w punkcie o poziomie względnym zero wyniesie:

- dla ważenia według P.53 około -37,3 dB,
- dla ważenia według CCIR-468-1 około -34,3 dB.

Zgodnie z Zaleceniem J.23 wielkość szumu ważonego według P.53 nie może przekraczać wartości -48 dBm0, a więc spodziewany poziom szumów przekracza przyjętą normę o ponad 10 dB.

2. łącze radiofoniczne typu 10 kHz:

- a. Eliminacja ważenia dla telefonii 2,5 dB.
- b. Korekcja związana z szerokością pasma 5,1 dB.
- c. Ważenie dla łączy radiofonicznych, według P.53 około 6 dB, a według CCIR-468-1 około 10 dB.

Spodziewana moc psfometryczna szumu w kanale radiofonicznym w punkcie o poziomie względnym zero wyniesie:

- dla ważenia według P.53 około -36,4 dB,
- dla ważenia według CCIR-468-1 około -32,4 dB.

Zgodnie z Zaleceniem J.22 wielkość szumu ważonego według P.53 nie może przekraczać wartości -48 dBm0, a więc spodziewany poziom szumów przekracza przyjętą normę o ponad 11,6 dB.

3. łącze radiofoniczne typu 15 kHz:

- a. Eliminacja ważenia dla telefonii 2,5 dB.
- b. Korekcja związana z szerokością pasma 6,8 dB.
- c. Ważenie dla łączy radiofonicznych, według P.53 około 4,2 dB, według CCIR-468-1 około 8,6 dB.

Spodziewana moc psfometryczna szumu w kanale radiofonicznym w punkcie o poziomie względnym zero wyniesie:

- dla ważenia według P.53 około -36,5 dB,
- dla ważenia według CCIR-468-1 około -32,1 dB.

Zgodnie z Zaleceniem J.21 wielkość szumu ważonego według P.53 nie może przekraczać wartości -51 dBm0, a według CCIR-468-1 -47 dBm0, a więc spodziewany poziom szumów przekracza przyjętą normę o ponad 14,5 dB.

Jak widać z powyższych /uproszczonych/ obliczeń, w każdym typie kanałów radiofonicznych spodziewana moc szumów znacznie przekracza dopuszczalne wartości, co stwarza konieczność stosowania specjalnych środków zaradczych w celu poprawienia tego parametru.

Naturalnym odruchem byłoby zwiększenie mocy sygnału radiofonicznego, jednakże przedstawiony wyżej warunek na moce średnią i szczytową praktycznie taką możliwość wyklucza.

Natomiast powszechne zastosowanie w celu poprawienia odstępu sygnału od szumu znalazły układy pre- i deemfazy oraz komparatora.

3. ŚRODKI STOSOWANE PRZY TWORZENIU KANAŁÓW RADIOFONICZNYCH W CELU UZYSKANIA MOŻLIWIE NAJWIĘKSZEJ WARTOŚCI ODSTĘPU SYGNAŁU OD SZUMU

Pomiary mocy różnego rodzaju programów radiofonicznych potwierdzają słuszność zalecanego przez CCITT rozkładu poziomów przy transmisji tych programów. Okazuje się, że moc /mierzona miernikiem wartości skutecznych o stałej całkowania 200 ms/ przekracza wartość 2 mW /+3 dBm0/ stosunkowo rzadko, natomiast przekroczenia mocy 3 mW /+4,8 dBm0/ w czasie pomiarów nie stwierdzono / 6 /.

Części programów o największej mocy powstają przy fortissimo dużych orkiestr oraz przy współbrzmieniu większej ilości głosów bogatych w wysokie tony. Natomiast najgłośniejsze miejsca w partiach solowych na ogół nie przekraczają 1 mW. Wartości szczytowe sygnałów /mierzone miernikiem wartości skutecznych o czasie narastania 10 ms i opadania 1 s/ osiągają wielkości maksymalne przy wspomnianych fortissimo orkiestr i z reguły nie przekraczają zalecanej granicy wysterowania 3,1 V /+9 dBm0/.

W czasie transmisji mowy wartości szczytowe niekiedy przekraczają maksymalne wysterowanie, jednakże moce dla tych przypadków są bardzo niskie. Parametrem krytycznym okazuje się wielkość mocy.

Analiza spektralna części programów o największej mocy oraz badanie ich współczynników kształtu /wartość szczytowa/wartość skuteczna/ wykazują duże podobieństwo do rozkładu szumów. Mianowicie, w paśmie od 0 Hz do około 250 Hz moc narasta proporcjonalnie do częstotliwości, a powyżej około 250 Hz opada ze wzrostem częstotliwości i spełnia zależność, że moc/oktawę jest wielkością stałą. Przykładowy rozkład mocy przedstawiono na rys. 2.

Zdecydowanie najbardziej narażone na zakłócenia /przy założeniu równomiernego ich rozkładu/ są te części transmitowanego widma, które posiadają małą moc, a więc powyżej kilku kHz.

3.1. Układy pre- i deemfazy

Jednym z możliwych sposobów rozwiązania problemu zwiększenia odstepu sygnał/szum jest zastosowanie układów pre- i deemfazy. Ogólnie są to układy o nierównomiernych charakterystykach przenoszenia spełniających zależności:

$$A_1[f] \cdot A_2[f] = \text{const.}$$

gdzie:

$$A_1[f] = \left| \frac{U_2}{U_1} \right| \text{ dla preemfazy i}$$

$$A_2[f] = \left| \frac{U_2}{U_1} \right| \text{ dla deemfazy.}$$

Zadaniem układu preemfazy jest "wzmocnienie" sygnałów z górnej części przenoszonego pasma częstotliwości /mała moc/ w stosunku do sygnałów z jego dolnej części. Uzyskujemy dzięki temu bardziej równomierny rozkład widma mocy sygnałów, przez co zwiększa się odstęp sygnału od wytwarzanego za układem preemfazy szumu. Oczywiście spodziewany zysk odstepu sygnał/szum zależy przede wszystkim od kształtu charakterystyki preemfazy, przedmiotem wielu dyskusji i sporów.

Wyrażono pogląd, że kształt charakterystyki powinien być taki, aby rozkład widma mocy sygnału za preemfazą był równomierny. Mogłoby to jednak dla określonych programów doprowadzić do niedopuszczalnego przeciążenia zestrojów telefonicznych.

Inna propozycja sugerująca, aby w celu uzyskania maksymalnego odstepu sygnał/szum, charakterystyka preemfazy posiadała przebieg odwrotny do cha-

rakterystyki filtra psfometrycznego, również stwarza zagrożenie przeciążenia, a ponadto występujące w zakresie niskich częstotliwości zakłócenia pochodzące np. od układów zasilania, mogłyby być przez układ deemfazy "wzmocnione" do niedopuszczalnych wielkości.

Bezspornym jest natomiast dążenie praktycznie wszystkich zainteresowanych, aby układy pre- i deemfazy posiadały prostą konstrukcję oraz aby poziom sygnału pomiarowego łączy był możliwie niezmienny.

Rozwiązaniem kompromisowym wydaje się być układ preemfazy zalecany przez CCITT /J.17/, dla którego przebieg tłumienności wtrąceniowej między impedancjami znamionowymi określony jest wzorem

$$A_w = 10 \log \frac{75 + \left| \frac{\omega}{3000} \right|^2}{1 + \left| \frac{\omega}{3000} \right|^2} \text{ [dB]}$$

gdzie: ω jest pulsacją odpowiadającą częstotliwości f .

Wykres krzywej preemfazy przedstawiony jest na rys. 3.

Dla tak ukształtowanej charakterystyki preemfazy maksymalny zysk odstepu sygnał/szum na wyjściu deemfazy wynosi około 7,8 dB. Jednak na wyjściu preemfazy o takim kształcie, dla odcinków programów o dużej mocy, obserwujemy wzrost mocy sygnału o około 5,4 dB, w wyniku czego "czysty" zysk wynosi zaledwie około 2,4 dB. Ponadto na skutek obniżenia poziomu sygnałów w części pasma o mniejszych częstotliwościach istnieje możliwość wzrostu przesłuchów.

Jak widać z powyższego, stosowanie układów pre- i deemfazy praktycznie mało pomaga i w dalszym ciągu należy poszukiwać bardziej skutecznych środków poprawy odstepu sygnał/szum. Do takich należy niewątpliwie komparator.

3.2. Komparator.

Podstawowym założeniem idei pracy komparatora jest występowanie zjawiska maskowania szumów sygnałem użytecznym. Oznacza to, że szumy o określonym poziomie w obecności sygnałów użytecznych o dostatecznie dużej głośności są niesłyszalne. Jak wykazały badania, w kanale radiofonicznym w punkcie o poziomie względnym zero, graniczna wielkość szumu ważonego (według P.53 nie może przekraczać -30 dB. Powyżej tego poziomu dźwięki składające się z niewielkiej ilości częstotliwości wykazują zauważalną chropowatość. Przy występowaniu granicznych wielkości szumu w łączy, wzmocnienie kompresora sto-

sowanych komparatorów dla najgłośniejszych fragmentów transmitowanych powinno wynosić 1, a czas opadania powinien być mniejszy od 10 ms.

Wielkość szumu -30 dBm0ps w kanale radiofonicznym odpowiada około /zależnie od typu kanału radiofonicznego/ 40000 pW mocy szumu w kanale telefonicznym, a więc znacznie przekracza wartość dopuszczalną.

Uzasadnia to realność budowy komparatora, którego zastosowanie pozwoli realizować łączy radiofoniczne w teletransmisyjnych systemach telefonii wielokrotnej, spełniając odpowiednie Zalecenia CCITT. Przykładowo idea pracy komparatora przedstawiona jest na rys. 4.

Wzmocnienia kompresora i ekspandora zależne są od poziomu sygnałów wejściowych, a wszelkie jego zmiany realizowane są w obwodach sterowania w procesie regulacji.

Działanie komparatora w procesie regulacji podobne jest do działania modulatora, gdzie obok sygnału użytecznego wytwarzane są sygnały regulacyjne o określonym widmie częstotliwości.

Komparator nie wprowadza zniekształceń, gdy:

1. $S_1 \cdot S_2 = 1$, gdzie S_1 i S_2 - odpowiednio wzmocnienia kompresora i ekspandora.

Zależność dotyczy zarówno parametrów statystycznych, jak i dynamicznych.

2. Sygnały wyjściowe z kompresora /użyteczny i regulacyjne/ zostaną bez zniekształceń dostarczone do ekspandora, gdzie sygnały regulacyjne powinny ulec kompensacji, a sygnał użyteczny na wyjściu ekspandora powinien być identyczny jak na wejściu kompresora. Natomiast każde liniowe zniekształcenie sygnału na drodze między kompresorem a ekspandorem spowoduje niepełną kompensację sygnałów regulacyjnych, co doprowadzi do zniekształceń nieliniowych. Wolny od zniekształceń liniowych powinien być nie tylko kanał transmisyjny sygnałów użytecznych, ale także obwody sterowania oraz ewentualne kanały transmisyjne sygnałów sterowania.

W zależności od czasu reakcji komparatora na zmiany poziomu wejściowego rozróżniamy dwa zasadnicze rodzaje komparatorów:

- a/ wartości chwilowych;
- b/ sylabiczne.

3.2.1. Komparator wartości chwilowych

Jeżeli przy zmianach wartości chwilowych sygnału, zmiany wzmocnienia komparatora następują bezzwłocznie, mówimy wtedy o komparatorze wartości chwilo-

wych. Pasmo częstotliwości sygnałów regulacyjnych jest w tym przypadku bardzo szerokie i wielokrotnie przewyższa pasmo użytkowe, analogicznie do widma w procesie tworzenia przebiegów prostokątnych z sygnałów sinusoidalnych. Warunki na obwody transmisyjne i sterowania są ekstremalnie trudne. W celu ułatwienia konstrukcji takiego komparatora /wyeliminowanie obwodów sterowania/, można zastosować sterowanie elementu nieliniowego bezpośrednio sygnałem o dostatecznie dużej wartości. Właściwość, ograniczonego pasma, łączy transmisyjnego następującego po kompresorze można byłoby odwzorować czwórnikami włączonym za ekspandorem, który tłumiłby harmoniczne powstałe w ekspandorze, podobnie jak łączy w kompresorze. Jednak i w tym przypadku zniekształcenia nieliniarne powstałe na wyjściu ekspandora byłyby duże, ponieważ kształty sygnałów na wejściach kompresora i ekspandora są różne i kompensacja w ekspandorze produktów regulacyjnych byłaby niepełna.

Z tych względów wydaje się, że komparator wartości chwilowych nie może być stosowany w urządzeniach przeznaczonych do transmisji programów radiofonicznych.

3.2.2. Komparator sylabiczny

Stosunkowo wąskie pasma regulacyjne można uzyskać, gdy sygnały regulacyjne obciążone są określonymi opóźnieniami /stałe czasowe narastania i opadania/. Podlegać komparatorowaniu będą nie poszczególne drgania, lecz o określonym czasie trwania "paczki" drgań, nazywane potocznie sylabami.

Dla sygnału o charakterze quasistacjonarnym w stosunku do stałych czasowych komparatora, kompresor i ekspandor zachowują się jak czwórnik liniowy o zmiennym module funkcji przenoszenia.

Niedokładne spełnienie warunku 1 w punkcie 3.2 w zakresie parametrów statystycznych spowoduje jedynie na wyjściu ekspandora zmianę dynamiki sygnału, bez dodatkowych zniekształceń nieliniarnych. Jest to zasadnicza zaleta, szczególnie, że słuch jest bardzo wrażliwy na zniekształcenia nieliniarne dźwięków składających się z niewielkiej ilości "ciągotych" tonów.

Dokładne spełnienie warunku 1 w punkcie 3.2. w zakresie parametrów dynamicznych jest bardziej złożone niż w komparatorze wartości chwilowych, jednakże wymagania w tym przypadku są znacznie łagodniejsze. Ewentualne zniekształcenia mogą być wywoływane jedynie w czasie trwania procesów regulacyjnych, gdy słuch jest mniej wrażliwy. A gdy stałe czasowe są odpowiednio krótkie, powstające zniekształcenia mogą być w ogóle niezauważalne. Wprowa-

dzenie w komparatorze stałych czasowych zdecydowanie ogranicza szerokość pasm sygnałów regulacyjnych, /im większe są stałe czasowe, tym węższe są pasma regulacyjne/. Jednakże stałe czasowe nie mogą być dowolnie duże, a czasy narastania i opadania powinny być różne.

Stałe czasowe narastania powinny być na tyle krótkie, aby początek sygnałów o dużej mocy wywoływał możliwie krótkie ewentualne przeciążenia zespołów teletransmisyjnych. Wartości poniżej 5 ms wydają się być dla tego celu wystarczające. Wielkość stałej czasowej opadania ograniczona jest zjawiskiem subiektywnego odczuwania wzrostu szumów przy zanikaniu sygnałów o dużej mocy, kiedy przestaje działać efekt maskowania szumu dźwiękiem użytecznym, a "tłumienie" ekspandora nie zdąży narosnąć do odpowiedniej wartości. Wartości mniejsze od 10 ms uważane są za odpowiednie. Poprawna praca komparatora, jak wspomniano już wcześniej, uwarunkowana jest koniecznością zsynchronizowanego sterowania układami kompresora i ekspandora. W tym celu wymagane jest przesyłanie, w miarę możliwości bez zniekształceń, sygnałów regulacyjnych z kompresora do ekspandora.

Rozróżniane są trzy zasadnicze następujące możliwości spełnienia tego wymagania:

1. Do przesyłania sygnałów regulacyjnych tworzone są specjalne kanały.

Wymagania jakościowe na parametry transmisyjne tych kanałów są jednak wysokie, gdyż oprócz spełnienia warunku 2 w punkcie 3.1 powinno być spełnione również wymaganie, aby wielkości opóźności w kanałach transmisyjnych sygnałów użytecznych i regulacyjnych były identyczne.

Ten rodzaj komparatora ze względu na wysokie nakłady nie jest polecany do stosowania.

2. Komparator /ekspandor/ sterowany sygnałem częstotliwości kontrolnej /pilota/.

Przed kompresorem do sygnału użytecznego dodawany jest sygnał pilota o stałej wartości, które łącznie poddawane są kompresji. Działanie ekspandora sterowane jest przez sygnał pilota w ten sposób, aby jego wartość na wyjściu ekspandora była stała. Ten typ komparatora jako jedyny ma możliwość skompensować zmiany w określonych granicach tłumienności wynikowej łączy. W każdym innym komparatorze są one przez ekspandor powielane.

Jednakże wymagania na obwody sterowania sygnałem pilota są wysokie, podobnie jak przy przesyłaniu sygnałów regulacyjnych z komparatora. Po-

nadto pilot wprowadza dodatkowe obciążenie łączy. Mianowicie, poziom pilota w łączy osiąga wartość maksymalną w czasie przerw sygnału użytecznego, natomiast najbardziej krytyczna praca występuje, gdy jego wartość jest minimalna, co warunkuje, że poziom pilota powinien być względnie wysoki.

3. Komparator sterowany bezpośrednio sygnałem użytecznym.

Pasma regulacyjne w komparatorze sylabicznym jest wielokrotnie węższe od pasma sygnałów użytecznych i, analogicznie jak w punkcie 2, zniekształcenia liniowe sygnałów regulacyjnych spodziewane są jedynie na krańcach pasma użytecznego. Jednakże tego rodzaju komparator wymaga, w celu wyeliminowania zmian tłumienności wynikowej łączy, stosowania przed ekspandorem układu automatycznej regulacji poziomu. Do tego celu może być wykorzystany sygnał częstotliwości kontrolnej, wprowadzany podobnie jak w punkcie 2, jednakże jego poziom może być w tym przypadku znacznie niższy. Realizacja odpowiednich układów automatycznej regulacji poziomu nie powinna nastroczać większych trudności, a sygnał częstotliwości kontrolnej może być ponadto wykorzystany do nadzoru odcinków modulacyjnych łączy radiofonicznych lub np. do synchronizacji generatorów lokalnych w urządzeniach końcowych.

3.3. Komparator w pasmie naturalnym czy nośnym?

Dolna częstotliwość pasma sygnałów radiofonicznych wynosząca 40 lub 50 Hz w zasadzie przekreśla możliwość fizycznej realizacji komparatora pracującego w pasmie naturalnym, który ze względu na zniekształcenia nieliniarne mógłby być zastosowany do transmisji programów radiofonicznych.

Zarówno kanały telefoniczne, jak i radiofoniczne wykazują w kierunku niskich częstotliwości duże zniekształcenia liniowe, a sygnały o częstotliwościach w pobliżu 0 Hz są praktycznie nieprzenoszone. Powstające w kompresorze, umieszczonym w pasmie naturalnym, w zakresie niskich częstotliwości sygnały regulacyjne będą ulegały na drodze do ekspandora dużym zniekształceniom i ich kompensacja w ekspandorze będzie niepełna, w wyniku czego powstaną duże zniekształcenia nieliniarne.

W znanych dotychczas w tym zakresie opracowaniach, pomimo dużych wysiłków, zniekształcenia nieliniarne osiągają wartości znacznie przekraczające dopuszczalne.

Praktycznie komparator spełniający wymagania stawiane przy transmisji

programów radiofonicznych powinien być realizowany w takim zakresie częstotliwości, w którym możliwa jest, w miarę bez zniekształceń, transmisja poszerzonego o sygnały regulacyjne pasma radiofonicznego. Pożądanym przy tym jest stosowanie transmisji jednowstęgowej w pasmie częstotliwości powyżej kilkakrotnej wielkości pasma użytecznego. Tylko w tym przypadku powstające w obwodach sterowania kompresora zniekształcenia nielinearne - wszystkie harmoniczne oraz parzyste tony kombinowane, wypadają poza pasmo transmisyjne, a jedynie tony kombinowane nieparzyste powinny być skompensowane w ekspandorze.

Ponadto, w takim komparatorze w zasadzie nie występuje problem separacji obwodów wyjściowych od reszkowych produktów regulacji w obwodach sterowania, ponieważ znajdują się one poza pasmem użytecznym.

Dotychczasowe doświadczenia w zakresie konstrukcji komparatorów dla kanałów radiofonicznych potwierdziły powyższe rozważania, akceptując praktycznie wyłącznie komparatory pracujące w zakresie częstotliwości nośnych.

4. PRZEGLĄD ROZWIĄZAŃ URZĄDZEŃ PRZEZNACZONYCH DO TWORZENIA KANAŁÓW RADIOFONICZNYCH W TELETRANSMISYJNYCH SYSTEMACH TELEFONII WIELOKROTNEJ

W powyższych rozważaniach przedstawiono najistotniejsze problemy związane z tworzeniem nośnych kanałów radiofonicznych, a także zasygnalizowano określone sposoby ich rozwiązania.

W dalszej części artykułu zostaną zaprezentowane, aczkolwiek w bardzo skondensowanej formie, wybrane opracowania, głównie europejskie, urządzeń do tworzenia nośnych kanałów radiofonicznych oraz ich podstawowe parametry techniczne.

Przedstawiony w punkcie 1 podział łączy radiofonicznych na poszczególne typy, ujmuje określoną hierarchię jakościową transmisji programów radiofonicznych. Historycznie ewolucja wymagań jakościowych i możliwości ich realizacji przebiegała w kolejności odwrotnej, co zostanie zachowane /z jednym wyjątkiem/ przy prezentacji poszczególnych urządzeń.

4.1. Urządzenia dla łączy radiofonicznych typu 6,4 k lub 7 kHz

4.1.1. Urządzenia produkcji ZSRR typu AW02

Są to urządzenia lampowe opracowane w pierwszej połowie lat pięćdziesiątych. Plan modulacji i schemat blokowy przedstawione są odpowiednio na rys.

5 i 6. Kanał radiofoniczny umieszczony jest w grupie pierwotnej w miejsce dwóch kanałów telefonicznych /4 i 5/. W celu wytłumienia górnej wstęgi modulacji w części nadawczej urządzeń oraz wydzielenia z pasma grupowego sygnałów radiofonicznych w części odbiorczej urządzeń zastosowano filtry kwarcowe. Urządzenia wyposażone są w komparator umieszczony w pasmie naturalnym, co pozwala uzyskać wzrost odstępu sygnał/szum o około 17 dB oraz układy pre- i deemfazy. Wykorzystanie komparatora i układów pre- i deemfazy jest alternatywne. Sygnał o częstotliwości 96 kHz, wykorzystywany jako częstotliwość nośna, oraz sygnał kontrolny dostarczony jest do urządzeń AW02 z telefonicznych systemów nośnych.

Podstawowe dane techniczne:

1. Pasmo przenoszonych częstotliwości $0,06 \pm 7,3$ kHz.
2. Przy połączeniu w pętlę po stronie pasma grupowego części nadawczej i odbiorczej urządzeń:
 - zniekształcenia tłumieniowe w stosunku do tłumienności dla sygnału o częstotliwości 1 kHz są zawarte w przedziale $+1 \pm -2$ dB;
 - zniekształcenia nieliniarne dla sygnałów pomiarowych o poziomie 0 dBm0 w zakresie pasma 60 ± 100 Hz są $<1\%$, a w zakresie pasma $0,1 \pm 7,3$ kHz są $<0,5\%$.
 - psfometryczny poziom szumów wg wagi, zgodnie z P.53, jest <-60 dBm0.
3. Zasilanie anodowe 220 V \pm 20 V, żarzenie i sygnalizacja 24 V \pm 2 V.
- 4.1.2. Urządzenia do tworzenia kanałów radiofonicznych o zawężonym pasmie częstotliwości

W drugiej połowie lat siedemdziesiątych w CCITT, OIRT i SKŁ RWPG pojawiły się tendencje do ograniczenia stosowanych dla międzynarodowej wymiany programów radiofonicznych, ilości typów łączy do dwóch: łączy typu 15 kHz dla transmisji programów wysokiej jakości mono- i stereofonicznych oraz łączy o zawężonym pasmie dla celów reportażywo-komentatorskich.

Zaawansowanie prac w zakresie tworzenia łączy dla celów reportażywo-komentatorskich w chwili obecnej przedstawia się w ten sposób, że firma Siemens opracowała urządzenia do tworzenia nośnych kanałów radiofonicznych typu 7 kHz oznaczone M7 i przedstawiła do CCITT projekt zalecenia J.33 na tego typu urządzenia, a w ramach SKŁ RWPG zostały opracowane /jednostką odpowiedzialną był IŁ O/Gdańsk/ i zatwierdzone wymagania techniczne na urządze-

nia typu 6.4 kHz lub 7 kHz. W pracach SKt RWPG uwzględniono możliwość współpracy w zakresie pasma częstotliwości grupy pierwotnej 60 ÷ 108 kHz z urządzeniami M7 firmy Siemens, a urządzenia oznaczone symbolem KR-6,4 lub 7 o parametrach wg wymagań SKt-RWPG są aktualnie opracowywane w IŁ 0/Gdańsk.

4.1.2.1. Urządzenia typu M7 firmy Siemens

Plan modulacji oraz schemat blokowy urządzeń przedstawiono odpowiednio na rys. 7 i 8.

Kanał radiofoniczny typu 7 kHz zajmuje w grupie pierwotnej pasmo 3 kanałów telefonicznych. Zastosowane układy pre- i deemfazy oraz komparatora są zgodne z Zaleceniami CCITT, odpowiednio J.17 i J.31, a możliwości wykorzystania pasma grupy pierwotnej 60 ÷ 108 kHz dla transmisji telefoniczno-radiowych przedstawiono w tablicy 1.

T a b l i c a 1

Możliwości rozmieszczenia różnych typów kanałów transmisji dźwięku w pasmie grupy pierwotnej 60÷108 kHz

Typ kanału	Możliwe kombinacje wykorzystania pasma grupy pierwotnej B przez różne typy kanałów								
15 kHz	2	1	1	1	-	-	-	-	
7 kHz	-	1	2	-	1	2	3	4	
telefoniczne	-	3	-	6	9	6	3	-	

Zastosowane w przemiennikach częstotliwości modulatory fazowe, w znacznym stopniu ułatwiają rozwiązanie problemu wytłumienia na odpowiednią wielkość górnej wstęgi modulacji w części nadawczej oraz wyselekcjonowania w pasmie grupy pierwotnej sygnału radiofonicznego w części odbiorczej urządzeń.

Urządzenia M7 zrealizowano w dwóch wykonaniach: stacjonarnym i przenośnym.

Stacjonarne umieszczono w konstrukcji stojakowej typu 7R firmy Siemens, a przenośne w obudowach o gabarytach typowych dla przyrządów kontrolno-pomiarowych.

Podstawowe dane techniczne:

1. Pasma przenoszonych częstotliwości 0,03 ÷ 7 kHz
2. Częstotliwość kontrolna 7833 $\frac{1}{3}$ Hz.

3. Przy połączeniu w pętlę po stronie pasma grupowego części nadawczej i odbiorczej urządzeń:
- psfometryczny poziom szumów quasi-szczytowych z zastosowaniem wagi, zgodnie z Zaleceniem CCIR 468-1, przy załączonych jednocześnie obwodach pre- i deemfazy oraz kompandora jest ≤ -58 dBm0;
 - zniekształcenia nielinearne dla sygnałów o poziomie +12 dBm0 są $\leq 0,4\%$;
 - długoterminowa stałość wynikowego wzmocnienia urządzeń jest $\geq \pm 0,5$ dB.
4. Urządzenia są wyposażone w układy automatycznej regulacji poziomu ARP i częstotliwości ARCz.
5. Zasilanie urządzeń może odbywać się z sieci prądu przemiennego 220 V lub z baterii o napięciu od -48 V do -60 V.

4.1.2.2. Urządzenia typu KR-7

W wymaganiach technicznych SKŁ RWPG przyjęto warunek, który docelowo może mieć bardzo duże znaczenie dla międzynarodowej wymiany programów radiofonicznych, że opracowywane w myśl tych wymagań urządzenia powinny mieć możliwość współpracy z urządzeniami typu M7 po stronie pasma grupy pierwotnej, tzn. część nadawcza urządzeń KR-7 z częścią odbiorczą urządzeń M7 i odwrotnie, co w sposób zasadniczy ukierunkowało rozwiązanie konstrukcyjne.

W WT SKŁ określono jednocześnie, szczególnie dla celów przewidywanej komutacji kanałów radiofonicznych w zakresie pasma grupy pierwotnej B, potrzebę istnienia etapu pośredniego między pasmem naturalnym a pasmem zajmowanym przez poszczególne kanały w grupie pierwotnej, w którym wszystkie kanały posiadałyby ten sam zakres częstotliwości i poziomy. W tym celu wprowadzono identyczny dla wszystkich kanałów pierwszy stopień modulacji, i analogicznie do urządzeń dla kanałów typu 15 kHz, pojęcie pasma częstotliwości pośrednich.

Schemat modulacji pokazano na rys. 9.

Podstawowe dane techniczne:

1. Pasma przenoszonych częstotliwości $0,05 \div 7$ kHz.
2. Przy połączeniu w pętlę po stronie pasma grupowego części nadawczej i odbiorczej urządzeń:
 - zniekształcenia tłumieniowe w odniesieniu do tłumienności dla sygnału o częstotliwości 1 kHz nie powinny przekraczać następujących wartości:

Częstotliwość /kHz/	Dopuszczalna odchyłka /dB/
0,05 \div 0,1	-0,7 \div 0,4
10 \div 5,0	-0,5 \div 0,3
5,0 \div 7,0	-0,7 \div 0,4

- zniekształcenia opóźnieniowe

Częstotliwość /kHz/	Dopuszczalna wartość /ms/
0,05	10
0,1	5,5
7,0	2,0

- zniekształcenia nieliniarne mierzone przy wyłączonych obwodach pre- i deemfazy i załączonym komparatorze dla poziomu sygnałów pomiarowych +11 dBm0 powinny być $\geq 0,5\%$,

- dopuszczalna wartość poziomu szumu

-68 dBm0ps - filtr wagi wg Zalecenia CCITT P.53

-66 dBm0ps - filtr wagi wg Zalecenia CCIR 468-1

-60 dBm0 - szum nieważony,

- dobowa niestatość poziomu powinna być $\leq \pm 0,3$ dB, a roczna powinna być $\leq \pm 0,6$ dB.

3. Warunki klimatyczne w pomieszczeniach, w których mogą pracować urządzenia:

- temperatura 10 \div 40°C przy wilgotności względnej 35 \div 75%,

- temperatura 18 \div 22°C przy wilgotności względnej do 93%,

- zanieczyszczenia powietrza pyłem do 0,1 mg/m³,

- zawartość siarkowodna w powietrzu do 0,05 mg/m³.

4. Urządzenia powinny być przystosowane do zasilania z następujących źródeł prądu:

- sieci prądu przemiennego 220 V $\begin{matrix} +10\% \\ -15\% \end{matrix}$ o częstotliwości 50 Hz $\pm 2,5$ Hz,

- ze źródła prądu stałego o napięciach: -24 V $\pm 10\%$; -48 V $\pm 10\%$ i

-60 V $\begin{matrix} +20\% \\ -10\% \end{matrix}$.

Powinna być przewidziana bezprzerwowa wzajemna rezerwacja zasilania z sieci prądu przemiennego i jednego ze źródeł prądu stałego.

4.2. Urządzenia dla łączы radiofonicznych typu 10 kHz

4.2.1. Urządzenia firmy Siemens Rel 13R 84a

Są to urządzenia lampowe opracowane w latach pięćdziesiątych. Plan modulacji oraz schemat blokowy przedstawiono na rys. 10 i 11. Sygnał częstotliwości nośnej -96 kHz jest wytworzony w kwarcowym generatorze lokalnym bądź też doprowadzony z urządzeń telefonicznych. Urządzenia wyposażono w komparator umieszczony po stronie wysokiej częstotliwości, który pozwala uzyskać poprawę odstępu sygnał/szum około 16 dB. Czasy narastania i opadania komparatora wynoszą odpowiednio około 2,5 ms i 8 ms, co wymaga poszerzenia pasma w grupie pierwotnej dla transmisji sygnałów radiofonicznych o około 500 Hz /widmo sygnałów regulacyjnych po około 250 Hz z dołu i z góry/. Ponieważ sygnały powyżej 96 kHz mogą poważnie zakłócać kanały telefoniczne, w przypadku stosowania komparatora widmo sygnałów radiofonicznych poddawane jest dodatkowej przemianie, zgodnie z planem modulacji jak na rys. 12, a ponadto w celu automatycznej korekcji wynikowej tłumienności przęsta pierwotnogrupalowej realizowanej w części odbiorczej urządzeń przed kompresorem wprowadzany jest sygnał kontrolny o częstotliwości 84,75 kHz. Schematy blokowe kompresora i ekspandora przedstawione są odpowiednio na rys. 13 i 14.

W celu kontroli transmitowanych programów radiofonicznych każdy stojak urządzeń wyposażony jest w miernikysterowania oraz głośnik kontrolny.

Podstawowe dane techniczne:

1. Przenoszone pasmo częstotliwości $0,05 + 10$ kHz.
2. Przy połączeniu w pętlę po stronie pasma grupowego części nadawczej i odbiorczej urządzeń:
 - zniekształcenia tłumieniowe w odniesieniu do tłumienności dla sygnału o częstotliwości 1 kHz nie przekraczają następujących wartości:

Częstotliwość /kHz/	Dopuszczalna odchyłka /dB/
0,05 ÷ 0,1 i 8,5 ÷ 10	0,9 ÷ -1,7
0,1 ÷ 0,2 i 6,0 ÷ 8,5	0,9 ÷ -1,3
0,2 ÷ 6	+ 0,9

- zniekształcenia nieliniarne dla sygnałów o poziomie +9 dBm₀ są $\leq 0,4\%$,
- psfometryczny poziom szumu wg wagi zgodnie z P.53 jest ≤ -60 dBm₀, a poziom szumu nieważonego jest ≤ -54 dBm₀,

- zniekształcenia opóźnieniowe nie przekraczają następujących wartości:

t 10 kHz - t_{\min} 2 ms

t 0,1 kHz - t_{\min} 7 ms

t 0,05 kHz - t_{\min} 14 ms

3. Zasilanie:

- anodowe 212 V-
- żarzenia 20 V-
- sygnalizacji 24 V-/20 V.

4.2.2. Urządzenia typu AW2/3 produkcji ZSRR

Opracowane w latach sześćdziesiątych przy wykorzystaniu półprzewodników urządzenia AW2/3 są przeznaczone do tworzenia w pasmie 60 ± 108 kHz kanałów radiofonicznych typu 6,4 kHz lub 10 kHz /zależnie od kompletacji filtrów/ w miejsce odpowiednio dwóch lub trzech kanałów telefonicznych.

Ponadto w AW2/3 przewidziana jest możliwość bezpośredniego wydzielenia /przemiany pomocnicze/ z innych pasm liniowych 12-kanałowych grup telefonicznych umieszczonych tam kanałów radiofonicznych. Odpowiednie pasma zajmowane przez kanały radiofoniczne przedstawiono w tabelicy 2.

T a b l i c a 2

Rozmieszczenie kanałów radiofonicznych w pasmach liniowych
12-kanałowych grup telefonicznych

System	Pasma liniowe [kHz]	Pasma kanału typu 10 kHz [kHz]	Pasma kanału typu 6,4 kHz [kHz]
kablowy lub linii radio- wych	12 \pm 60	24,05 \pm 35	24,05 \pm 31,2
	108 \pm 156	133 \pm 143,95 lub 120,05 \pm 131	136,8 \pm 143,95 lub 120,05 \pm 127,95
napowietrzny	36 \pm 84	-	48,05 \pm 55,2
	96 \pm 144	-	120,8 \pm 127,95

Stosowana do przemiany zasadniczej w układzie modulacji fazowej /tłumienie górnej wstęgi modulacji/ częstotliwość nośna 96 kHz - plan modulacji jak na rys. 15 - dostarczana jest do urządzeń z systemów telefonicz-

nych, a częstotliwości nośne pomocnicze uzyskuje się przez odpowiednie dzielenie i mnożenie sygnału o częstotliwości 96 kHz. Plan przemian pomocniczych dla kanałów typu 10 kHz przedstawiono na rys. 16. Sygnał kontrolny o częstotliwości 7,2 kHz lub 11 kHz wykorzystywany jest do kontroli: wzmocności wynikowej utworzonego kanału radiofonicznego. W celu poprawy odstępu sygnał/szum w urządzeniach zastosowano układy pre- i deemfazy o charakterystyce zgodnej z Zaleceniem CCITT J.17 oraz komparator umieszczony w pasmie naturalnym.

W urządzeniach przewidziano dwa sposoby ich dołączania, realizowanego poza stojakiem urządzeń AW2/3, do zestrojów telefonicznych:

- a/ na zasadzie dopasowania - impedancja 135Ω i
- b/ równoległe - impedancja 1700Ω dla systemów kablowych, a w części odbiorczej, dodatkowo o impedancji 16000Ω dla systemów napowietrznych.

Nastawne korektory tłumieniowe Kr pracujące w pasmie akustycznym są przeznaczone w części nadawczej urządzeń do korekcji charakterystyk tłumieniowych łączy miejscowych i lokalnych linii doprowadzeniowych, a w części odbiorczej do ewentualnego skorygowania charakterystyki tłumieniowej utworzonego nośnego kanału radiofonicznego.

W swoim wyposażeniu urządzenia AW2/3 mają ponadto: miernikysterowania, układy kontroli nasłuchowej programów radiofonicznych oraz wyposażenie dla telefonicznej łączności służbowej.

Schemat blokowy urządzeń AW2/3 przedstawiono na rys. 17.

Podstawowe dane techniczne:

1. Pasmo przenoszonych częstotliwości: $0,05 \div 10$ kHz lub $0,05 \div 6,4$ kHz.
2. Częstotliwość sygnału kontrolnego: 11 kHz lub 7,2 kHz.
3. Przy połączeniu w pętlę po stronie pasma grupowego części nadawczej i odbiorczej urządzeń:

- zniekształcenia tłumieniowe w odniesieniu do tłumienności dla sygnału o częstotliwości 1 kHz nie przekraczają następujących wartości:

Częstotliwość /kHz/	Dopuszczalna odchyłka /dB/
Pasmo $0,05 \div 6,4$ kHz	
$0,05 \div 0,075$ i $4,2 \div 6,4$	$\pm 2,2$
$0,075 \div 4,2$	$\pm 0,9$

Częstotliwość /kHz/	Dopuszczalna odchyłka /dB/
Pasma 0,05 ÷ 10 kHz	

0,05 ÷ 0,075 i 6,6 ÷ 10	<u>± 2,2</u>
0,075 ÷ 6,6	<u>± 0,9</u>

- zniekształcenia nieliniarne dla sygnałów o poziomie +8,7 dBm0 w zakresie częstotliwości do 100 Hz są $\leq 2,5\%$, a dla częstotliwości powyżej 100 Hz są $\leq 1,5\%$,
 - psfometryczny poziom szumów wg wagi zgodnie z P.53 jest ≤ -65 dBm0,
 - niestaość wzmacnienia wynikowej przy zmianach temperatury w zakresie $10 \pm 40^{\circ}\text{C}$ i jednoczesnych zmianach zasilania o $\pm 3\%$ wartości znamionowej jest $\leq \pm 0,5$ dB.
4. Zasilanie: $21,2 \text{ V} \pm 3\%$.

4.2.3. Urządzenia typu KR-A

Na przełomie lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych Instytut Łączności O/Gdańsk opracował urządzenie nośnego kanału radiofonicznego typu 10 kHz, oznaczone KR-A. Pomyślne wyniki badań eksploatacyjnych prototypu przeprowadzonych w krajowej sieci łączy radiofonicznych, a także bardzo pilne potrzeby w kraju na tego typu urządzenia, skłoniły resort łączności do podjęcia decyzji wdrożenia urządzeń KR-A do produkcji w Państwowych Zakładach Telekomunikacyjnych bez udziału jego Biura Konstrukcyjnego. Na podstawie dokumentacji technicznej, opracowanej przez IŁ O/Gdańsk przy ścisłej współpracy z Działem Technologii PZT, wyprodukowano w PZT serię informacyjną, a następnie podjęto produkcję seryjną urządzeń KR-A. Przeważająca część obecnej krajowej sieci łączy radiofonicznych dla programów w zakresie UKF zrealizowana jest przy wykorzystaniu urządzeń KR-A.

Koncepcja rozwiązania urządzeń KR-A jest zbliżona do opracowania firmy Siemens przedstawionego w punkcie 4.2.1, a podstawowe różnice są następujące:

- w urządzeniach KR-A zastosowano wyłącznie elementy półprzewodnikowe;
- jako częstotliwość nośną przemiany wykorzystano sygnał o częstotliwości 95,5 kHz uzyskiwany z generatora lokalnego - pozwoliło to w znacznym stopniu uprościć konstrukcję kompandora;

- zastosowano modulator fazowy z kompensacją górnej wstęgi modulacji, co wyeliminowało konieczność stosowania trudnych technicznie do realizacji i drogich filtrów kwarcowych.

Plan modulacji i schemat blokowy urządzeń przedstawiono na rys. 18 i 20. Zastosowane układy pre- i deemfazy są zgodne z Zaleceniem CCITT J.17, a komparator umieszczony w zakresie wysokiej częstotliwości o charakterystyce kompresji jak na rys. 19 i stałych czasowych narastania i opadania, wynoszących odpowiednio około 4 ms i 8 ms, zapewnia możliwość poprawy odstepu sygnał/szum o około 17 dB.

Układ automatycznej regulacji poziomu, którego element wykonawczy /wzmacniacz o zmiennym, w zależności od poziomu odbieranego sygnału kontrolnego 10,611 kHz, wzmacnieniu/ znajduje się przed ekspandorem i zapewnia właściwy reżim pracy ekspandora, a ponadto jest wykorzystywany do kontroli wzmacnienia wynikowej utworzonego kanału radiofonicznego.

Dla celów kontroli transmitowanych programów radiofonicznych w wyposażeniu KR-A znajdują się również: miernik wysterowania o danych technicznych, zgodnych z Zaleceniem nr 59 Komisji Technicznej OIRT z 1967 r., oraz głośnik kontrolny. Przyrządy te umożliwiają kontrolę programów radiofonicznych na wejściu i wyjściu odpowiednio części nadawczej i odbiorczej urządzeń. Kojarzenie kanału radiofonicznego z kanałami telefonicznymi jest realizowane w urządzeniach KR-A i przewidziana jest możliwość jednoczesnego /równoległego/ wprowadzenia transmitowanego programu radiofonicznego do pięciu grup pierwotnych.

Urządzenia KR-A umieszczone są w typowym stojaku szafowym konstrukcji Państwowych Zakładów Teletransmisyjnych, a w zależności od wyposażenia różni się 6 wykonanń stojaka. Stojak o maksymalnym wyposażeniu zawiera dwa komplety nadawczo-odbiorcze urządzeń z możliwością rozgałęzienia w kierunku nadawczym w od 1 do 5 grup pierwotnych każdy.

Podstawowe dane techniczne:

1. Pasmo przenoszonych częstotliwości: $0,05 \pm 10$ kHz.
2. Częstotliwość sygnału kontrolnego: 10,611 kHz.
3. Przy połączeniu w pętlę po stronie pasma grupowego części nadawczej i odbiorczej urządzeń:

- zniekształcenia tłumieniowe w stosunku do tłumienności dla sygnału o częstotliwości 1 kHz nie przekraczają następujących wartości:

Częstotliwość /kHz/	Dopuszczalna odchyłka /dB/
0,05 ÷ 0,1 i 8,5 ÷ 10	0,6 ÷ -1,5
0,1 ÷ 0,2 i 6 ÷ 8,5	0,6 ÷ -0,9
0,2 ÷ 6,0	± 0,6

- zniekształcenia nieliniarne dla sygnałów o poziomie +9 dBm0 są < 1%,
- psfometryczny poziom szumów wg wagi zgodnie z P.53 jest < -65 dBm0,
- zniekształcenia opóźnieniowe nie przekraczają następujących wartości:

t 10 kHz	- t _{min} 2 ms
t 0,1 kHz	- t _{min} 6 ms
t 0,05 kHz	- t _{min} 25 ms.

4. Zasilanie: z sieci prądu przemiennego 220 V lub niestabilizowanej baterii stacyjnej -24 V. Zapewniona jest wzajemna rezerwacja tych źródeł zasilania.
5. Urządzenia przewidziane są do pracy w pomieszczeniach w następujących warunkach klimatycznych:
- w temperaturze otoczenia od 10 do 40°C przy wilgotności względnej od 35% do 75%,
 - w temperaturze otoczenia +20°C ± 2° i wilgotności do 93%,
 - po narażeniu w temperaturze -25°C.

4.3. Urządzenia dla łączy radiofonicznych typu 15 kHz

Prace studialne w zakresie radiofonicznych łączy typu 15 kHz były prowadzone już w latach pięćdziesiątych i jeszcze w roku 1956 było w Księdze Zielonej CCITT zalecenie dotyczące łączy o pasmie 15 kHz. Jednakże brak w tym czasie zainteresowania tego typu łączy spowodował, że zalecenie to zostało usunięte z kolejnych edycji Ksiąg CCITT.

Dopiero w roku 1968 na IV Plenarnym Zebraniu CCITT w Mar del Plata wznowiono studia w zakresie łączy typu 15 kHz do transmisji programów monofonicznych i stereofonicznych oraz urządzeń do tworzenia kanałów radiofonicznych w telefonicznych systemach nośnych. Wyniki studiów ujęto w Zaleceniach J.21 i J.31 w Księdze Zielonej.

W trakcie formułowania Zalecenia J.31 rozpatrzono cztery zgłoszone przez różne firmy zachodnioeuropejskie rozwiązania urządzeń radiofonicznych, dzieląc je na dwie zasadnicze grupy:

- System 1 z modulacją dwuwstęgową /jedno łącze monofoniczne w grupie pierwotnej/.

W tej grupie znalazły się urządzenia firm:

- L.M. Ericsson /Szwecja/
- S.J.T. Siemens /Italia/.

- System 2 z modulacją jednowstęgową /dwa łącza monofoniczne lub para łączy do transmisji sygnałów stereofonicznych w grupie pierwotnej/.

W tej grupie znalazły się urządzenia firm:

- N.V. Philips /Holandia/
- Siemens /RFN/.

Stwierdzono, że oba powyższe rodzaje urządzeń są technicznie przydatne do tworzenia połączeń w łączu odniesienia 2500 km z tym, że:

- System 1 jest przydatny dla linii długich i krótkich, ale najkorzystniejszy jest dla linii krótszych, gdy dodatkowy koszt poszerzonego pasma jest mały w stosunku do kosztu całkowitego.
- System 2 jest bardziej przydatny dla połączenia dłuższych ze względu na ekonomiczne wykorzystanie pasma.

Badania przeprowadzone przez firmę L.M. Ericsson /22/ odnośnie kosztów tworzenia różnych łączy radiofonicznych przedstawiono na rys. 21. Wnioski specjalistów japońskich z firmy Nippon Telegraph and Telephone Public Corporation, skrót NTT /21/ natomiast różnią się od wniosków firmy L.M. Ericsson. Mianowicie według NTT porównanie kosztów urządzeń końcowych i kosztów traktu liniowego wykazało, że urządzenia systemu 2 są ekonomiczniejsze w przypadku łączy dłuższych od 250 km /wg obliczeń L.M. Ericsson - dopiero od 500 km/. Poza tym NTT stwierdziła, że w łączach krótkich nie są wymagane komandyry /urządzenia bardzo kosztowne/, wobec tego stosowanie urządzeń systemu 2 jest ekonomiczniejsze od urządzeń systemu 1 już dla łączy o długości powyżej 50 km. Względy ekonomiczne, jak również analiza osiągniętych parametrów technicznych łączy tworzonych z wykorzystaniem urządzeń systemów 1 i 2, a szczególnie takich, jak odstęp sygnał/szum oraz obciążenie zestrojów telefonicznych, skłoniły CCITT do zalecenia stosowania dla łączy międzynarodowych urządzeń z modulacją jednowstęgową wg rozwiązania firmy Siemens. Właściwości urządzeń umożliwiających tworzenie w grupie pierwotnej dwóch nośnych łączy radiofonicznych typu 15 kHz ujęte są w Zaleceniu J.31 A.

4.3.1. Urządzenia KR-15

Są to urządzenia w pełni odpowiadające Zaleceniu CCITT J.31 A, opracowane przez Instytut Łączności O/Gdańsk w pierwszej połowie lat siedemdziesiątych. Na podstawie dokumentacji technicznej urządzeń, wykonanej przez It O/Gdańsk, wyprodukowano w Faństwowym Zakładach Teletransmisyjnych serię prototypową urządzeń, która po badaniach eksploatacyjnych w ramach oceny resortowej została wykorzystana do utworzenia pierwszej w kraju radiofonicznej sieci rozsiewczej dla transmisji programów mono- i stereofonicznych o szerokości pasma 15 kHz.

Plan modulacji oraz schemat blokowy urządzeń przedstawiono odpowiednio na rys. 22 i 23.

Urządzenia są umieszczone w typowym stojaku szafowym produkcji PZT. Modulator i demodulator w przemianach 95,5 kHz są zrealizowane w układzie modulatora fazowego z wytłumieniem górnej wstęgi modulacji. Zadaniem ogranicznika amplitudy o progu ograniczania +15 dBm0, umieszczonego bezpośrednio za kompresorem, jest ochrona zestawów telefonicznych przed przesterowaniem.

Aby spełnić warunki dotyczące transmisji stereofonicznych /współbieżność poziomów i fazy w kanałach A i B/, wymagana jest stosunkowo dokładna symetria, względem środka pasma, charakterystyk tłumieniowo-fazowych przęseł pierwotnogrupowych. Do tego celu służą korektory Kr na wejściu części odbiorczej urządzeń.

Zasada pracy układów automatycznej regulacji częstotliwości ARCz, których zadaniem jest w miarę dokładne odtworzenie częstotliwości sygnałów radiofonicznych na wyjściu części odbiorczej urządzeń /zmiana częstotliwości i fazy sygnału częstotliwości nośnej w demodulatorze 95,5 kHz/ oparta jest na wykorzystaniu kanałowego sygnału częstotliwości kontrolnej 16,8 kHz, który porównywany jest co do częstotliwości i fazy z sygnałem 16,8 kHz ze źródła lokalnego.

Dokładność odtwarzania częstotliwości praktycznie zależna jest wyłącznie od stałości częstotliwości sygnałów 16,8 kHz i jest $\leq 0,5$ Hz; jednocześnie w przypadku transmisji stereofonicznych uzyskuje się pełne sfazowanie kanałów A i B dla częstotliwości 16,8 kHz. Kwarcowe filtry pasmowo-zaporowe na częstotliwości 81,5 kHz i 85,5 kHz /załączane w przypadkach koniecznych/ mają za zadanie wytłumienie resztkowych sygnałów częstotliwości nośnych 68, 72, 96 i 100 kHz z systemów telefonicznych, które w kanałach radiofonicznych występują jako sygnały zakłócające o częstotliwościach 10 i 14 kHz.

Układy automatycznej regulacji poziomu o współczynniku regulacji ≥ 25 i czasy doregulowania rzędu 30 ms są zrealizowane z wykorzystaniem sygnału częstotliwości kontrolnej 16,8 kHz i zapewniają właściwy reżim pracy ekspandora.

W urządzeniu generacyjnym częstotliwości nośnych 95,5, 322,5, 366 i 504 kHz i sygnału kontrolnego 16,8 kHz zastosowano wysokostabilne oscylatory typu GKKT/E produkcji ZPR "Omig" z uwzględnieniem cyfrowego podziału częstotliwości.

W wyposażeniu stojaków KR-15 znajdują się ponadto: miernik wysterowania, o danych jak w punkcie 4.2.3, i głośnik kontrolny.

Podstawowe dane techniczne

1. Pasmo przenoszonych częstotliwości: $0,04 \pm 15$ kHz.
2. Częstotliwość sygnału kontrolnego: 16,8 kHz a poziom -29 dBm0.
3. Przy połączeniu w pętlę po stronie pasma grupowego części nadawczej i odbiorczej urządzeń:

- zniekształcenia tłumieniowe w stosunku do tłumienności dla sygnału o częstotliwości 1 kHz nie przekraczają następujących wartości:

Częstotliwość /kHz/	Dopuszczalna odchyłka /dB/
$0,04 \pm 0,125$ i $10,0 \pm 15,0$	$-0,7 \pm 0,5$
$0,125 \pm 10,0$	$-0,3 \pm 0,3$

- zniekształcenia opóźnieniowe nie przekraczają następujących wartości:

Częstotliwość /kHz/	Dopuszczalna wartość /ms/
$t_{0,04} - t_{min}$	10
$t_{01} - t_{min}$	5,5
$t_{15} - t_{min}$	1,5

- zniekształcenia nielinearne dla sygnałów pomiarowych o poziomie +11 dBm0 są $\leq 0,3\%$,
- psfometryczny poziom szumów wg wagi zgodnie z P.53 jest ≤ -68 dBm0, a poziom szumu nieważonego jest ≤ -60 dBm0,
- dobowa niestałość poziomu jest $\leq \pm 0,3$ dB,
- różnica poziomów na wyjściach kanałów A i B w całym pasmie przenoszonych częstotliwości jest $\leq \pm 0,3$ dB,

- różnica fazy sygnałów na wyjściach kanałów A i B nie przekracza następujących wartości:

Częstotliwość /kHz/	Dopuszczalna wartość /°/
0,04 ÷ 0,2 i 14 ÷ 15	10
0,2 ÷ 14	5

4. Urządzenia są przystosowane do jednoczesnego wykorzystania układów pre-i deemfazy oraz komandora, co zapewnia poprawę odstępu sygnał/szum rzędu 20 dB. Przy tym obciążenie zestawów telefonicznych jest nie większe od średniego obciążenia, wnoszonego przez odpowiednią ilość zastąpionych kanałów telefonicznych. Stwarza to możliwość pełnego wykorzystania grupy wtórnej dla transmisji radiofonicznych z tym, że jednocześnie - ze względu na wartość szczytową sygnału zbiorczego - nie powinno być przesyłanych więcej niż cztery jednakowe programy.
5. Możliwości wykorzystania pasma grupy pierwotnej 60 ÷ 108 kHz dla transmisji radiowo-telefonicznych przedstawiono w tablicy 1. Kojarzenie kanału radiofonicznego typu 15 kHz z kanałami telefonicznymi realizowane jest w urządzeniach KR-15, a z kanałami radiofonicznymi typu 7 kHz może odbywać się zarówno w urządzeniach KR-15, jak i w urządzeniach KR-7.
6. Rozgałęzianie przesyłanych w KR-15 programów radiofonicznych może odbywać się:
 - w pasmie częstotliwości pośrednich 78,7 ÷ 95,46 kHz w części nadawczej i odbiorczej urządzeń na od 1 do 10 kierunków,
 - w pasmie grupowym w części nadawczej na od 1 do 5 kierunków,
 - w pasmie naturalnym w części odbiorczej z wykorzystaniem odpowiednich wzmacniaczy separacyjnych lub przy wprowadzeniu transmitowanego programu do części nadawczej urządzeń KR-15 /wejścia urządzeń w tym przypadku powinny być przetączone na impedancje $\geq 20 \text{ k}\Omega$ /.
7. Zasilanie urządzeń może odbywać się z sieci prądu przemiennego 220 V lub z niestabilizowanej baterii stacyjnej -24 V.

W celu przystosowania urządzeń do ich umieszczenia w nowej konstrukcji stojakowej "model 72", umożliwiającej spełnienie wymagań SKŁ RWPG dotyczących kompletacji urządzeń stojakowych, przeprowadzono w Państwowych Zakładach Teletransmisyjnych modernizację urządzeń. Zmodernizowane urządzenia zostały oznaczone jako SPKR-15. W roku 1980 przewidywane jest podjęcie pro-

dukcji seryjnej urządzeń. W pełni odpowiadające Zaleceniu CCITT J.31 są również urządzenia opracowane przez wspomnianą już firmę japońską NTT /22/. Natomiast w załączniku 1 do Zalecenia J.31 przedstawiona jest wypowiedź dotycząca urządzeń z modulacją jednowstęgową firmy N.V. Philips.

4.3.2. Urządzenia typu ZAB1-2 firmy L.M. Ericsson

Jednym z bardziej znanych rozwiązań urządzeń do tworzenia nośnych kanałów radiofonicznych w Systemie 1 /modulacja dwuwstęgową/ jest opracowanie firmy L.M. Ericsson /23/.

Plan modulacji oraz schemat blokowy urządzeń przedstawiono na rys. 24 i 25.

Jako założenie podstawowe przyjęto, że bezwzględny poziom mocy w kanale radiofonicznym w punkcie o poziomie względnym zero w zestrojach telefonicznych wynosi +2 dB. Pozwala to z zastosowaniem układów pre- i deemfazy, zgodnych z Zaleceniem J.17, a bez kompandora uzyskać wymagany odstęp sygnał/szum w radiofonicznym łączu o długości do 2500 km. Wzrasta jednakże znacznie przy tym możliwość przeciążenia zestrojów telefonicznych. Z tego względu bezpośrednio za układem preemfazy umieszczony jest ogranicznik amplitudy o progu ograniczania +9 dBm0 w odniesieniu do poziomu radiofonicznego, na wyjściu którego amplituda sygnału nie rośnie więcej niż o 1,5 dB, gdy sygnał na wejściu zmienia się w granicach od +9 dBm0 do +20 dB.

W części nadawczej urządzeń sygnał o częstotliwości 84,08 kHz w pierwszej kolejności wykorzystywany jest jako częstotliwość nośna przemiany, a następnie jako grupowy sygnał kontrolny, który w części odbiorczej służy do synchronizacji częstotliwości demodulacji. W pasmie grupowym w części nadawczej urządzeń istnieje możliwość rozgałęziania transmitowanego programu radiofonicznego do od 1 do 5 grup pierwotnych.

W części odbiorczej urządzeń dla celów regeneracji sygnału częstotliwości nośnej przemiany stosuje się bezpośrednio sygnał radiofoniczny. Wykorzystując zależność, że zmodulowany amplitudowo sygnał o dwóch wstęgach bocznych zawiera w sobie informację dotyczącą wielkości częstotliwości nośnej, sygnał radiofoniczny po odpowiednim przygotowaniu doprowadzony jest do jednej gałęzi dyskryminatora fazy. Do gałęzi drugiej dołączony jest sygnał z generatora lokalnego LC. Powstające na wyjściu dyskryminatora sygnały regulacyjne służą do sterowania częstotliwością i fazą generatora LC, a więc częstotliwością nośną demodulacji. W części odbiorczej urządzeń moż-

liwy jest transfer kanału radiofonicznego z jego rozgałęzieniem na od 1 do 5 kierunków.

Jak wykazały badania przeprowadzone przez firmę L.M. Ericsson, urządzenia ZAB1-2 mogą być z powodzeniem stosowane do tworzenia radiofonicznych kanałów stereofonicznych. Do tego celu powinny być wykorzystywane, sąsiadujące ze sobą w grupie wtórnej, grupy pierwotne, a ewentualna korekcja fazowa może być realizowana w urządzeniach ZAB1-2.

Podstawowe dane techniczne:

1. Pasmo przesyłanych częstotliwości: $0,04 \pm 15$ kHz.
2. Częstotliwość sygnału kontrolnego: 84,08 kHz a poziom -20 dBm0.
3. Przy połączeniu w pętlę po stronie pasma grupowego części nadawczej i odbiorczej urządzeń:
 - zniekształcenia tłumieniowe w stosunku do tłumienności dla sygnału o częstotliwości 1 kHz nie przekraczają $\pm 0,3$ dB,
 - zniekształcenia opóźnieniowe nie przekraczają następujących wartości:

Częstotliwość /kHz/	Dopuszczalna wartość /ms/
t 0,03 - tmin	12
t 0,1 - tmin	6,5
t 15 - tmin	5,0

- psfometryczny poziom szumów wg wagi zgodnie z P.53 i poziom szumu nieważonego są ≤ -64 dBm0,
- długoterminowa niestałość poziomu jest $\leq \pm 0,3$ dB.

Do znanych rozwiązań urządzeń pracujących w systemie z modulacją dwuwstęgową należy również opracowanie firmy J.T.T. Teletra oraz urządzenia Spółki Akcyjnej Societa Italiana Telecomunicazioni Siemens s.p.A. Z tym, że te ostatnie mają również możliwość wytłumienia jednej ze wstęg bocznych, co umożliwia wykorzystanie pasma jednej grupy pierwotnej również dla transmisji stereofonicznych.

5. UWAGI KOŃCOWE

Niniejszy przegląd zagadnień występujących przy tworzeniu kanałów radiofonicznych w analogowych systemach telefonii wielokrotnej, przedstawiony z konieczności w sposób skrótowy, miał za zadanie zaprezentowanie najistotniej-

szych problemów, które w tym procesie występują, a także przedstawienie sposobów ich rozwiązania. Dotyczy to w szczególności wielkości szumów w tworzonych kanałach radiofonicznych oraz obciążeń wnoszonych przez te kanały do zestrojów telefonicznych.

Zdaniem autorów największy margines "bezpieczeństwa" pod tym względem prezentują rozwiązania urządzeń z modulacją jednowstęgową, zgodne z Zaleceniem CCITT J.31A, a więc firm: Siemens RFN i NTT Japonia oraz opracowanie Instytutu Łączności.

Urządzenia z modulacją dwuwstęgową wydają się być mniej przekonujące do stosowania w krajach o słabiej rozwiniętej /mniej nowoczesnej/ sieci nasyconych łączy telefonicznych, aczkolwiek tworzone przy ich wykorzystaniu łączy radiofoniczne spełniają odpowiednie wymagania jakościowe szczególnie w nowych systemach telefonicznych /linie radiowe/.

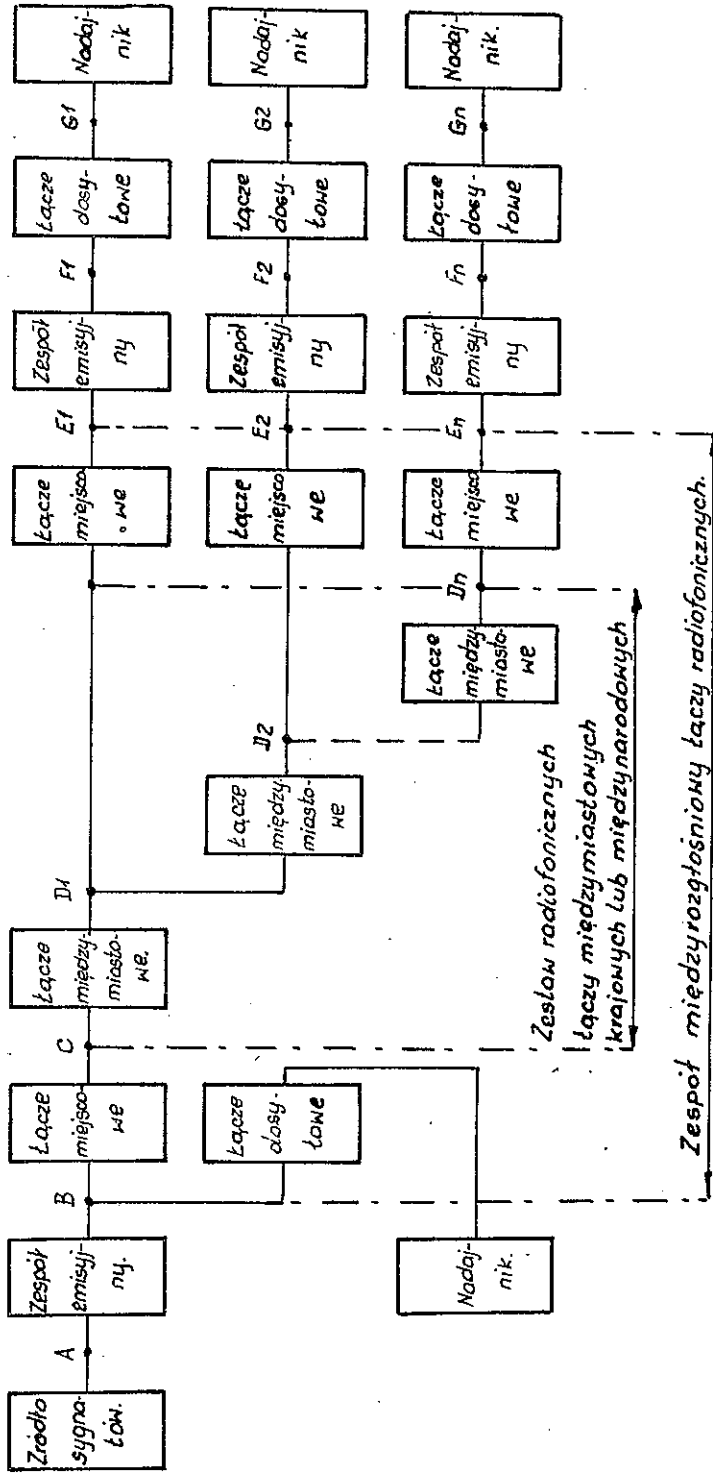
A nie należy zapominać, że nawet przy międzynarodowej wymianie programów radiofonicznych efekt finalny, a więc jakość transmitowanych programów w dużej mierze zależy od parametrów łączy krajowych.

Jak określono w tytule, rozpatrywane problemy zostały ujęte w aspekcie systemów analogowych. Niemniej obserwowany obecnie szybki rozwój cyfrowych systemów telefonicznych powoduje, że również zagadnienie tworzenia cyfrowych kanałów radiofonicznych jest aktualne i w ramach CCITT oraz SKŁ RWPG trwają prace nad normalizacją odpowiednich parametrów cyfrowych kanałów radiofonicznych i urządzeń do ich tworzenia.

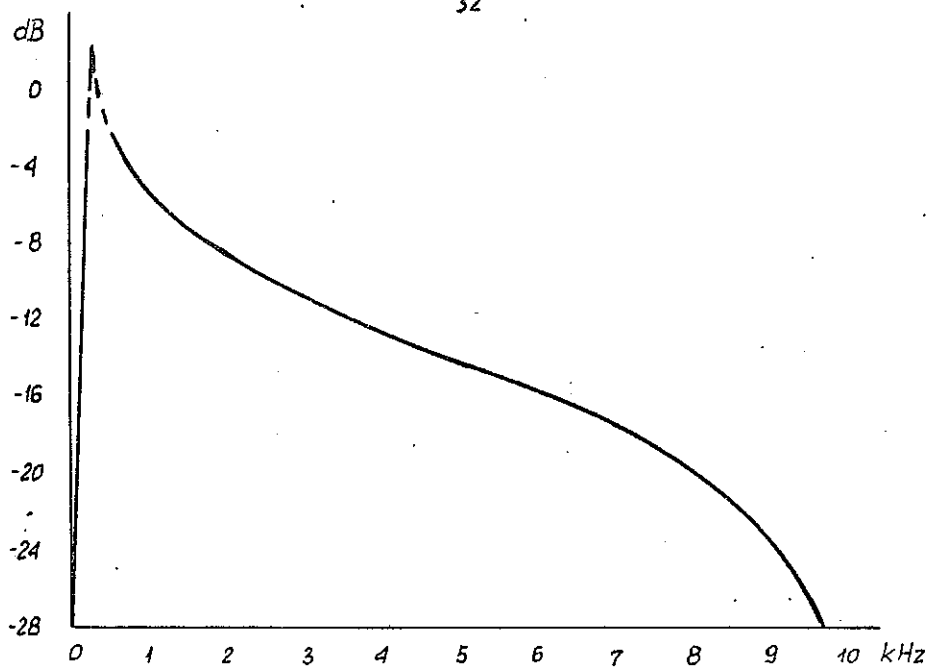
WYKAZ LITERATURY

1. Urządzenia radiofoniczne. Część emisyjna drogi przesyłowej sygnałów radiofonicznych. Wymagania i badania. Norma BN-74/3320-03 arkusz 01.
2. Kuśmirek Z.: Wybrane jednostki miar wielkości stosowanych w telekomunikacji. Instytut Łączności. Biuletyn Informacyjny Ił 1977 nr 13/164/.
3. Załącznika CCITT serii J oraz 0.31 i 0.32 Księgi Pomarańczowej.
4. Techničeskije trebovanija na apparaturu obrazovanija mono i stereoradioveščatelnych kanalov s sirinoj polosoj 15 kgc. Priloženije 14 k protokolu dvenadcatogo zasedanija Kommissii.
5. Techničeskije trebovanija na apparaturu obrazovanija kanalov zvukovogo veščanija s polosoj 6.4 kgc ili 7 kgc.

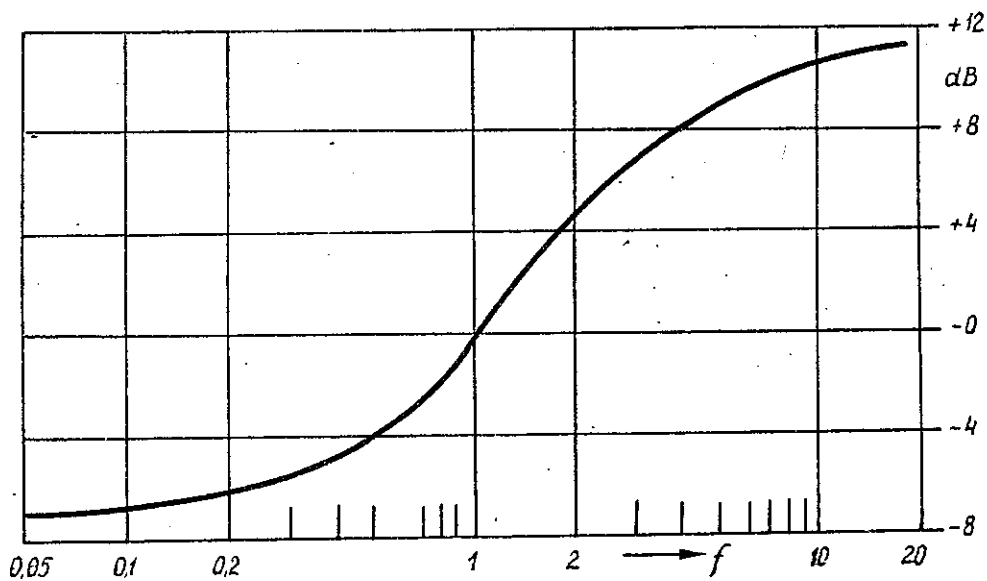
6. Guttenberg W., Hochrath H.: Untersuchungen über die Geräuschverminderung mittels Pre -und Deemphasis bei Rundfunkübertragung. NTZ, 1959 H. 9.
7. Guttenberg W. Hochrath H.: Ein Kompaner für Rundfunk-programm - Übertragung. NTZ, 1960. H. 1.
8. Zeiser W.: Pegelangaben in der Übertragungstechnik. NTZ, 1963 H. 3.
9. Wolf H.: Über Phasen-und Gruppenlaufzeit NTZ 1963 H. 9.
10. Haar G.: Die Storfähigkeit quadratischer und kubischer Verzerrungen bei der Übertragung von Musik. Frequenz 1952 Bd. 6. nr 7.
11. Hautsch F.: Die zusätzlichen Forderungen an Tonleitungen für die Übertragung stereophonischer Rundfunk-Programme und Messverfahren zur Prüfung von Tonleitungen auf Stereofähigkeit. Rundfunktechn. Mitt. 1963 nr 7.
12. Schutt G., Hautsch F.: Gegenwärtiger Stand und weitere Entwicklung der Tonleitungstechnik. Rundfunktechn. Mitt. 1963 nr 12.
13. Guttenberg W., Keller Ch.: Das TF-Tonübertragungssystem für 15 kHz Bandbreite. Siemens Z. 1969 nr 43.
14. Study Group XV - Contr. No 103. str. 9.
15. Study Group XV - Contr. No 49.
16. Study Group XV - Contr. No 139.
17. Study Group XV - Contr. No 120.
18. Study Group XV - Contr. No 113.
19. Study Group XV - Contr. No 141.
20. Study Group XV - Contr. No 172.
21. Study Group XV - Contr. No 22.
22. Study Group XV - Contr. No 226.
23. Kuribayashi M., Enami S., Setoguchi S.: High quality stereophonic program transmission system for 15 kHz type sound program circuits. Japan Telecomm. Rev. Apr. 1975.
24. Johansen G.: Transmission of sound programmes on carrier systems for telephony. Ericsson.Rev. 1970 nr 2.



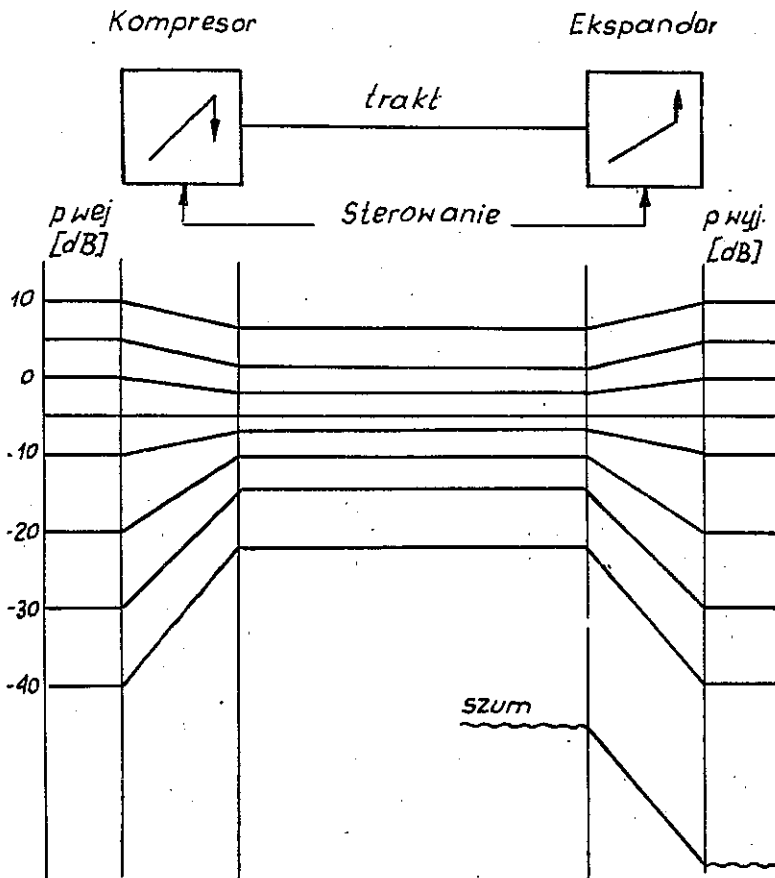
Rys. 1. Główne części drogi transmisyjnej sygnałów radiofonicznych



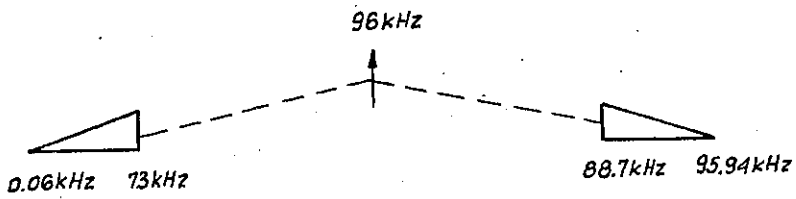
Rys. 2. Rozkład widmowy mocy części programów radiofonicznych o największej głośności



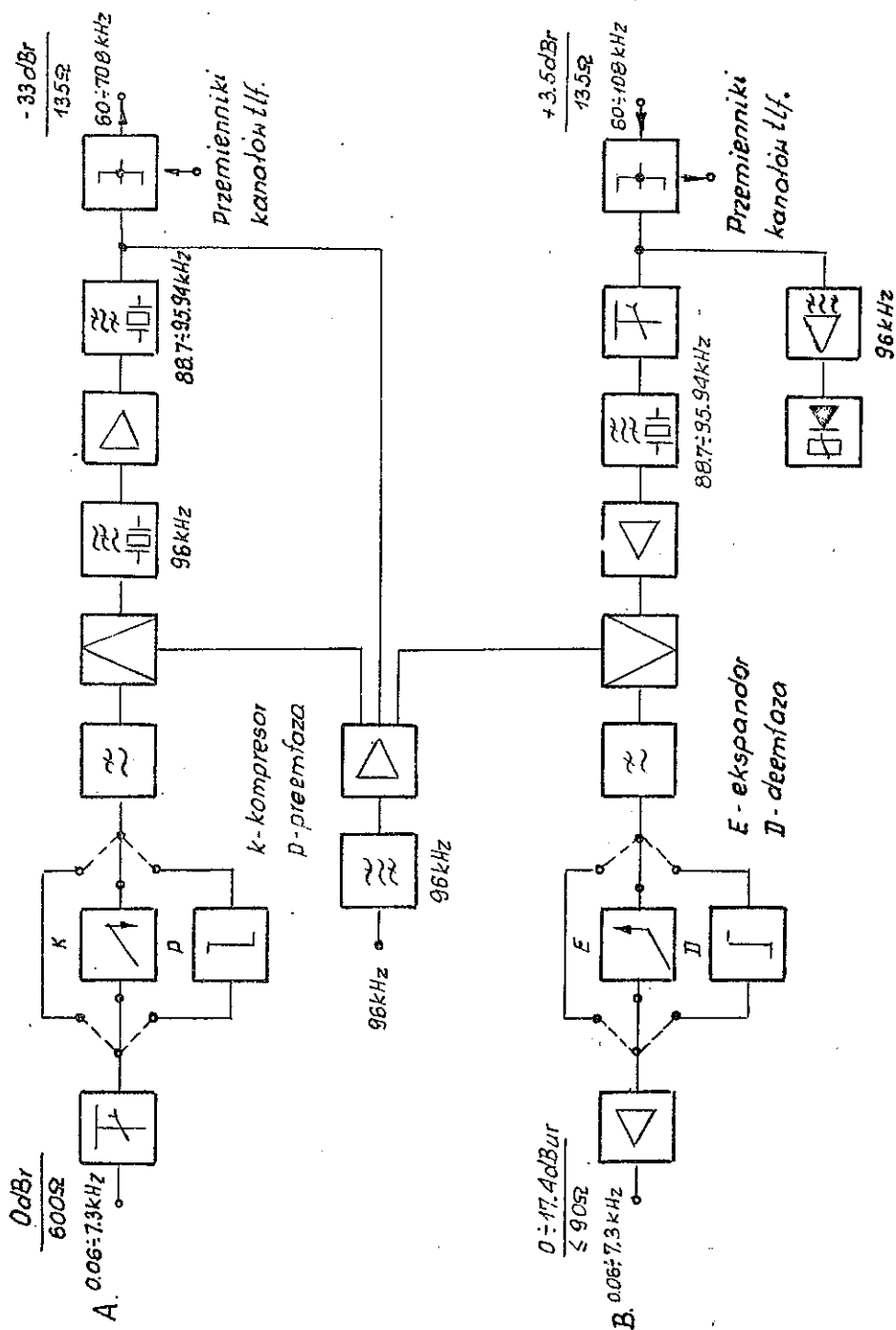
Rys. 3. Charakterystyka preemfazy zgodnie z Zaleceniem CCITT J.17



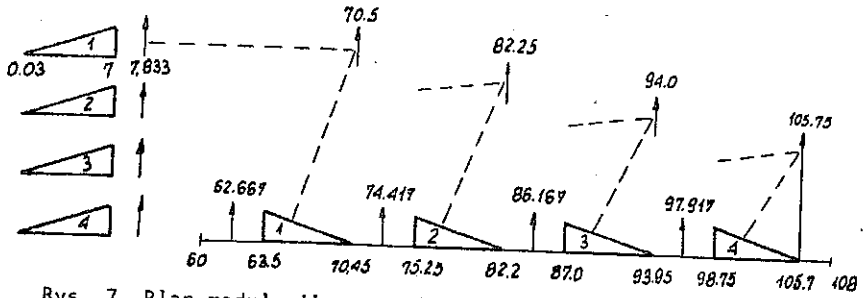
Rys. 4. Idea pracy komparatora



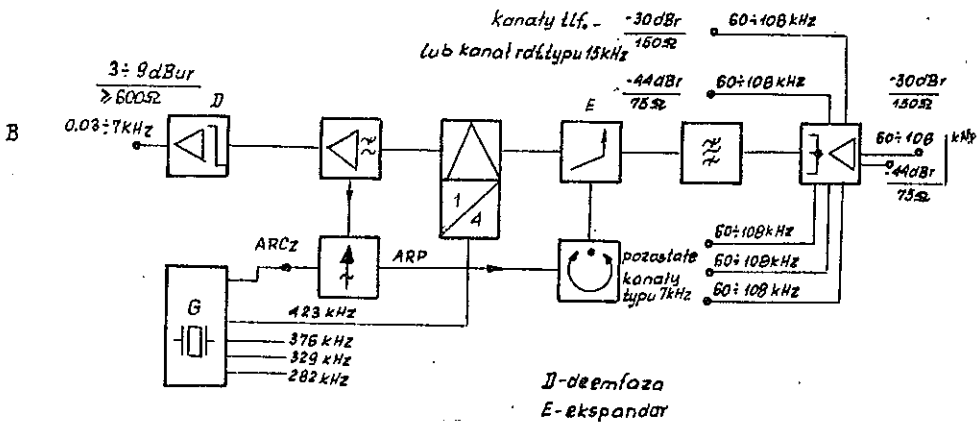
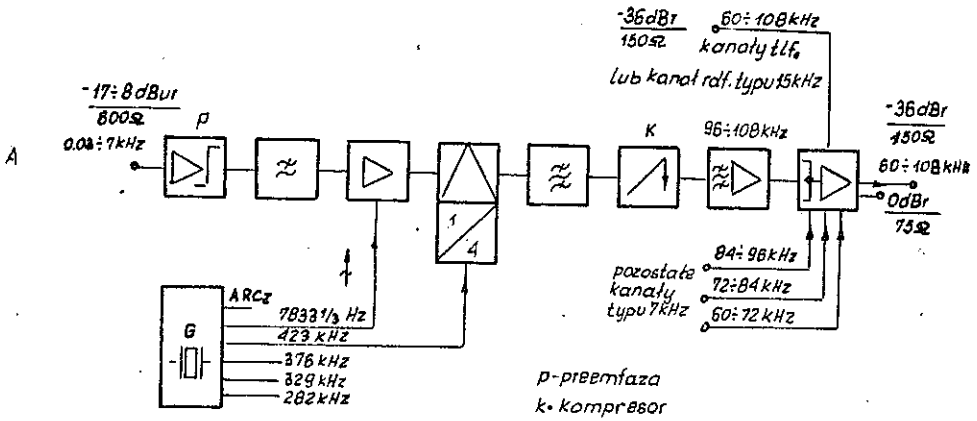
Rys. 5. Plan modulacji w urządzeniach AW02



Rys. 6. Schemat blokowy urządzeń AM02: A - część nadawcza, B - część odbiorcza

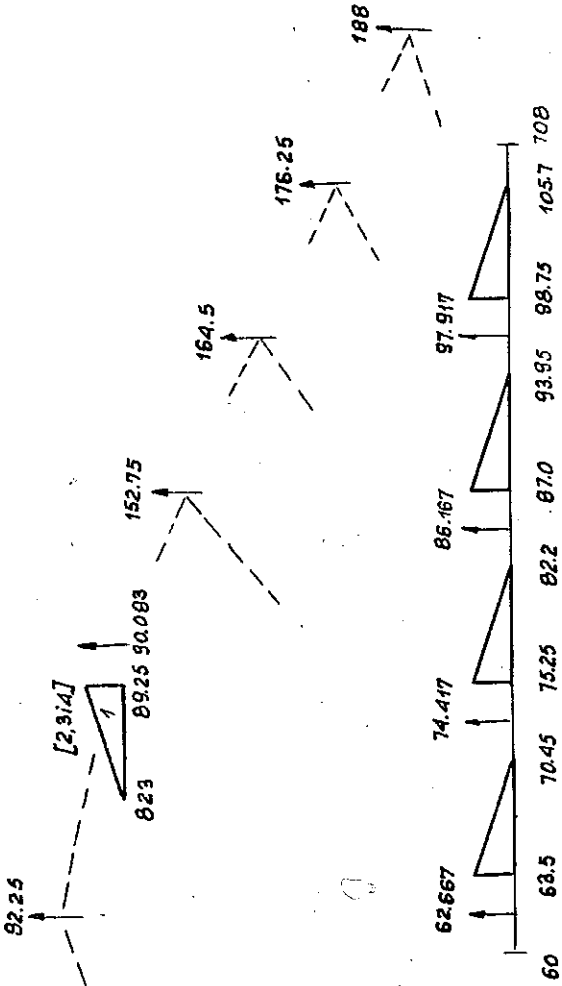


Rys. 7. Plan modulacji w urządzeniach M7. Częstotliwość w kHz

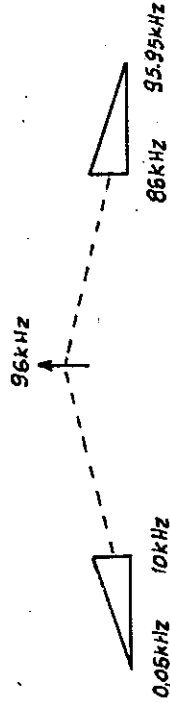


Rys. 8. Schemat blokowy urządzeń M7

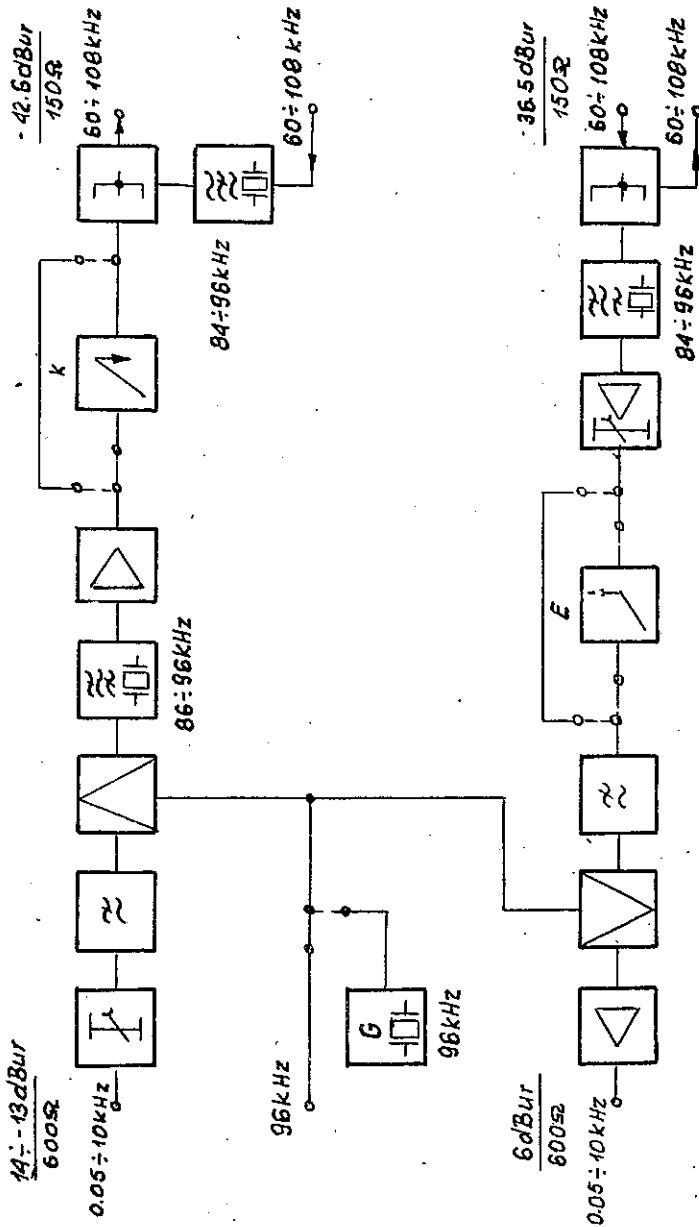
A - część nadawcza, B - część odbiorcza



Rys. 9. Plan modulacji w urządzeniach KR-7. Częstotliwość w kHz

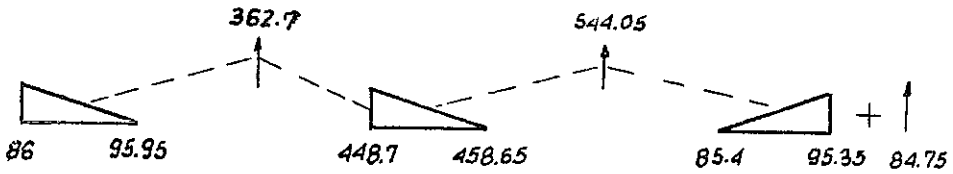


Rys. 10. Plan modulacji w urządzeniach firmy Siemens Rel 13R84a

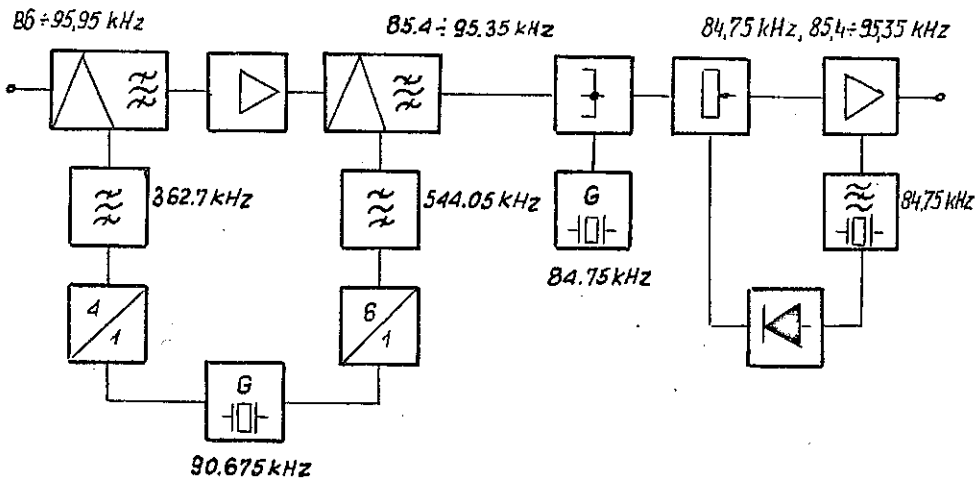


K - kompresor
E - ekspandor

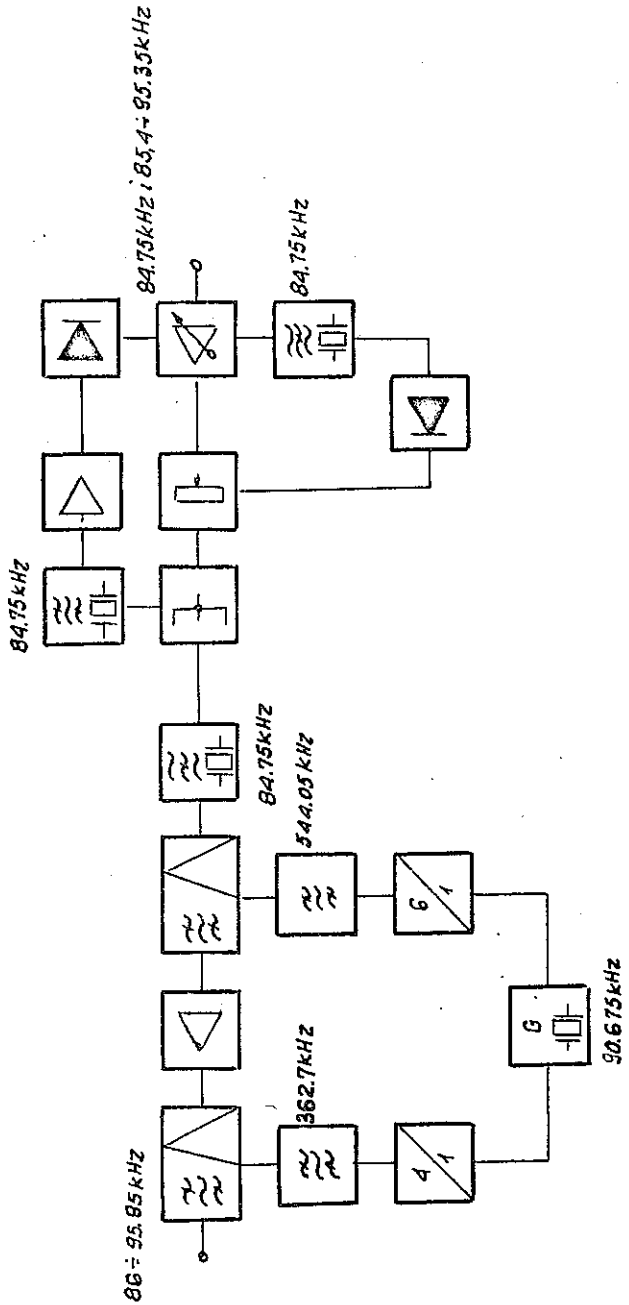
Rys. 11. Schemat blokowy urządzeń firmy Siemens Rel 13R8Ha



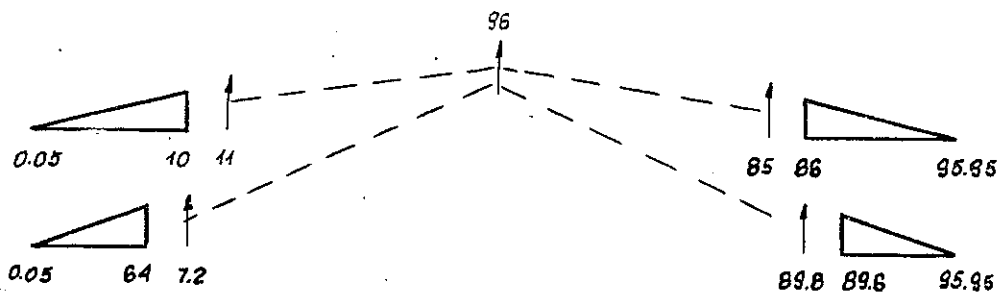
Rys. 12. Plan modulacji kompresora w urządzeniach Rel 13R84a.
Częstotliwość w kHz



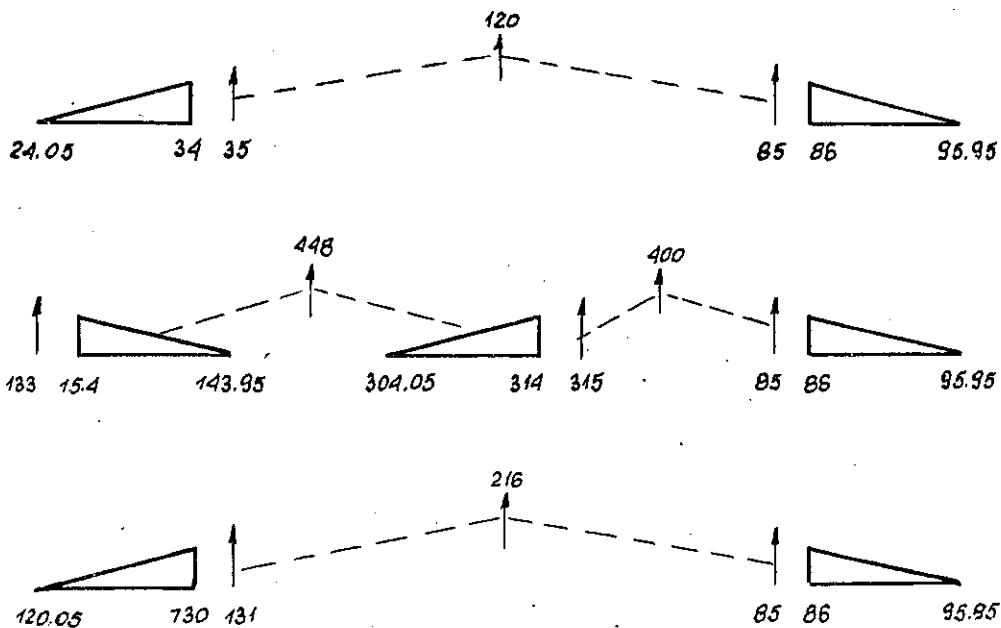
Rys. 13. Schemat blokowy kompresora w urządzeniach Rel 13R84a



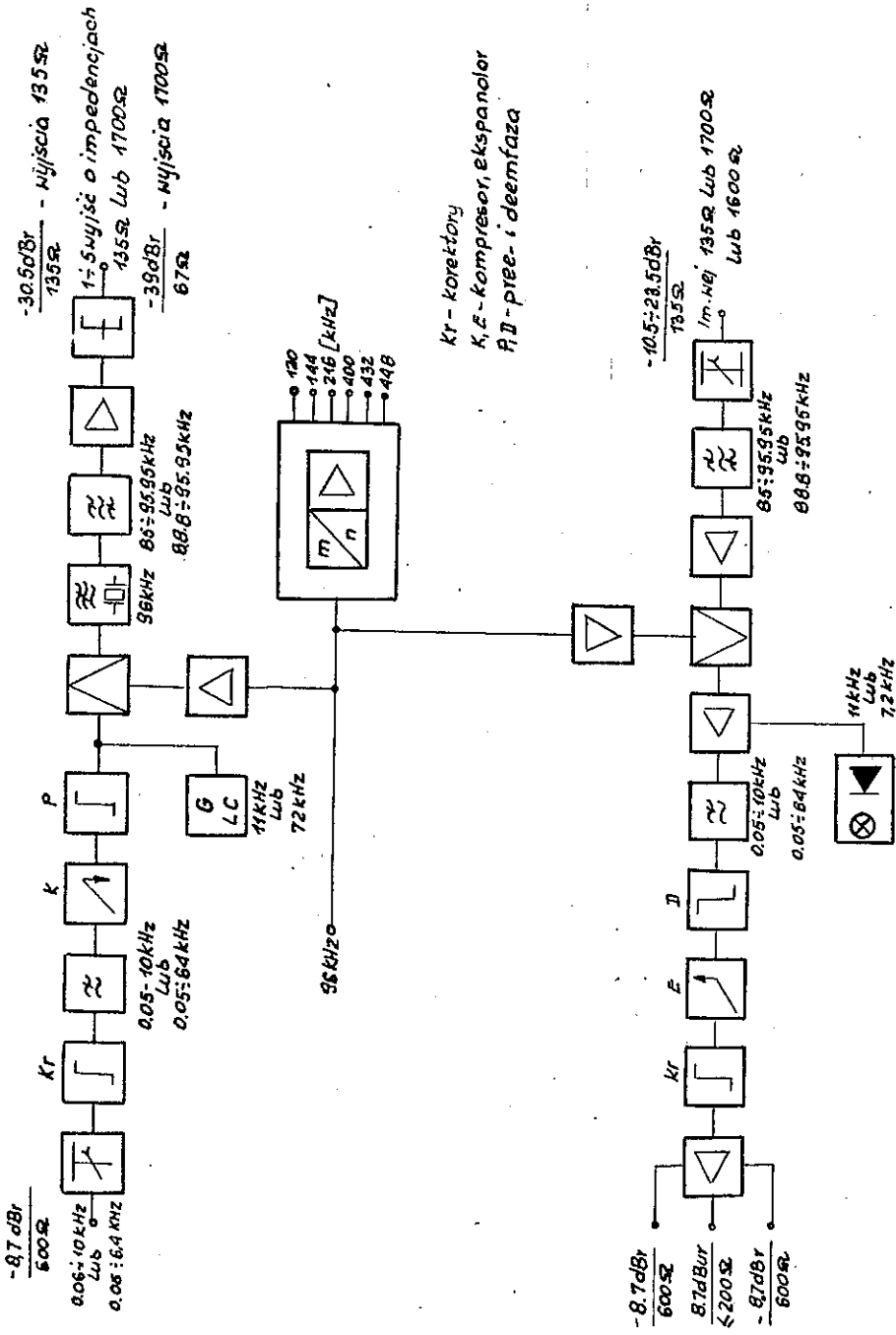
Rys. 14. Schemat blokowy ekspandora w urządzeniach Rei 13R84a



Rys. 15. Plan modulacji zasadniczej w urządzeniach AW 2/3.
Częstotliwość w kHz

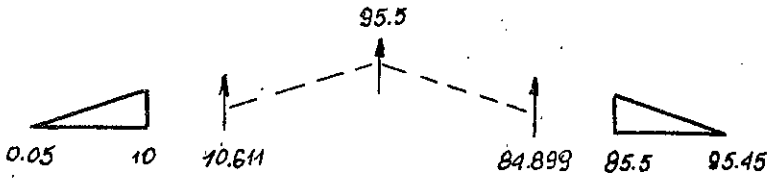


Rys. 16. Plan modulacji pomocniczych dla kanału radiofonicznego
typu 10 kHz w urządzeniach AW 2/3. Częstotliwość w kHz

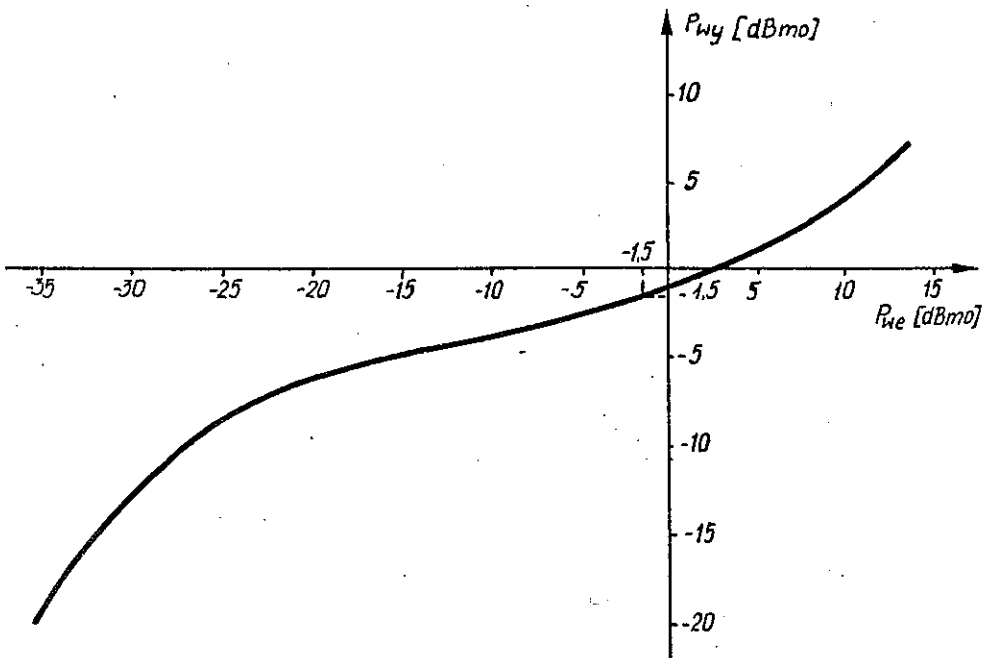


Kr - korektory
K, E - kompresor, ekspansor
P, D - prze- i deemfaza

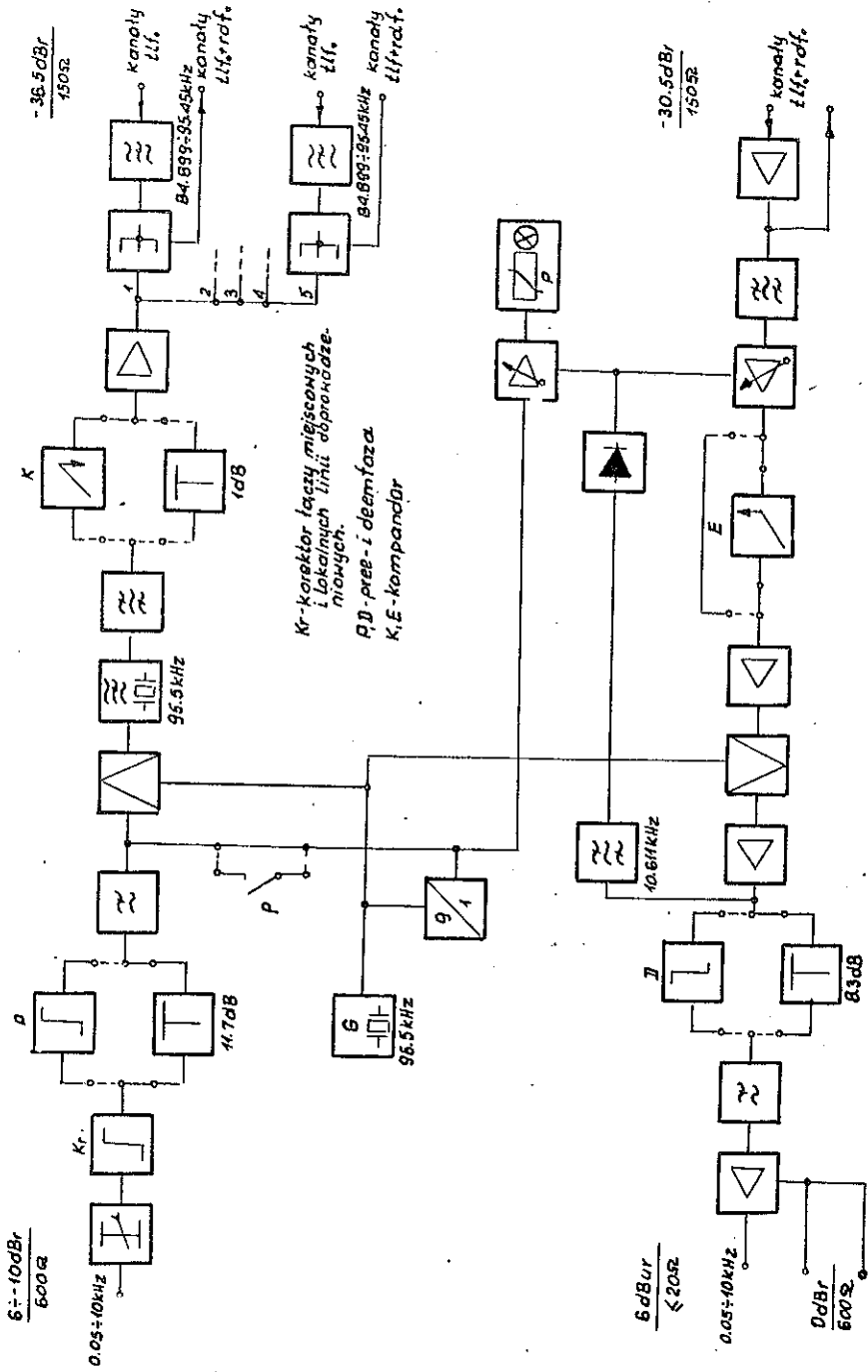
Rys. 17. Schemat blokowy urządzeń AW2/3



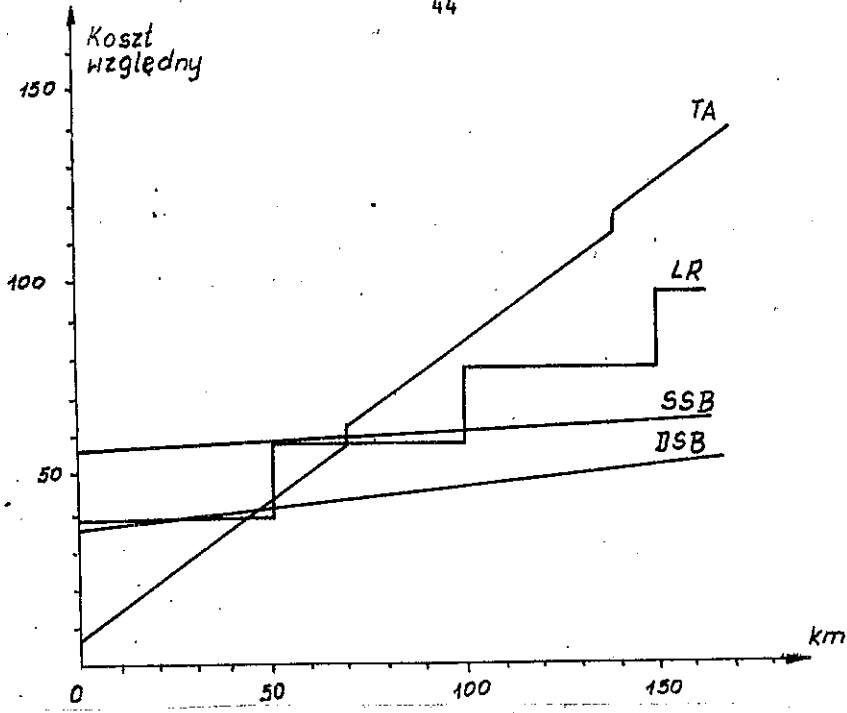
Rys. 18. Plan modulacji w urządzeniach KR-A
Częstotliwość w kHz



Rys. 19. Charakterystyka kompresji komandora w urządzeniach KR-A

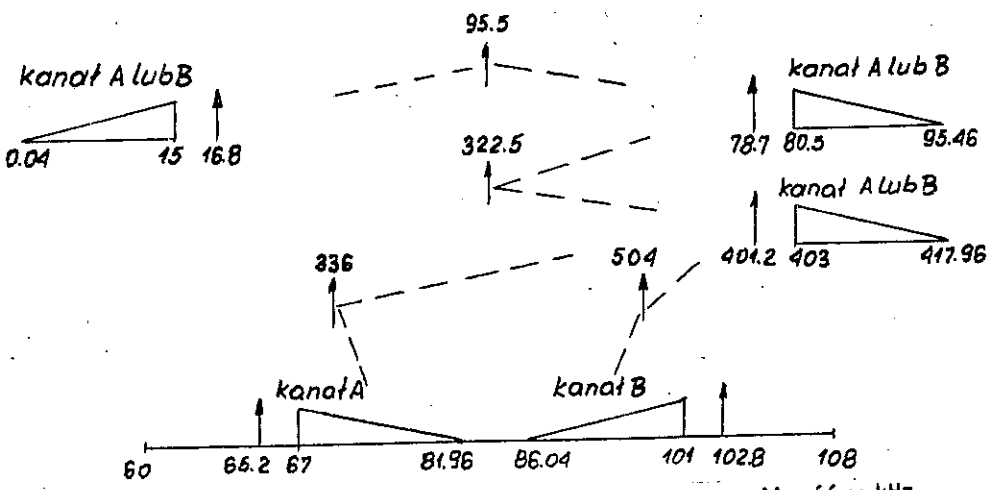


Rys. 20. Schemat blokowy urządzenia KR-A

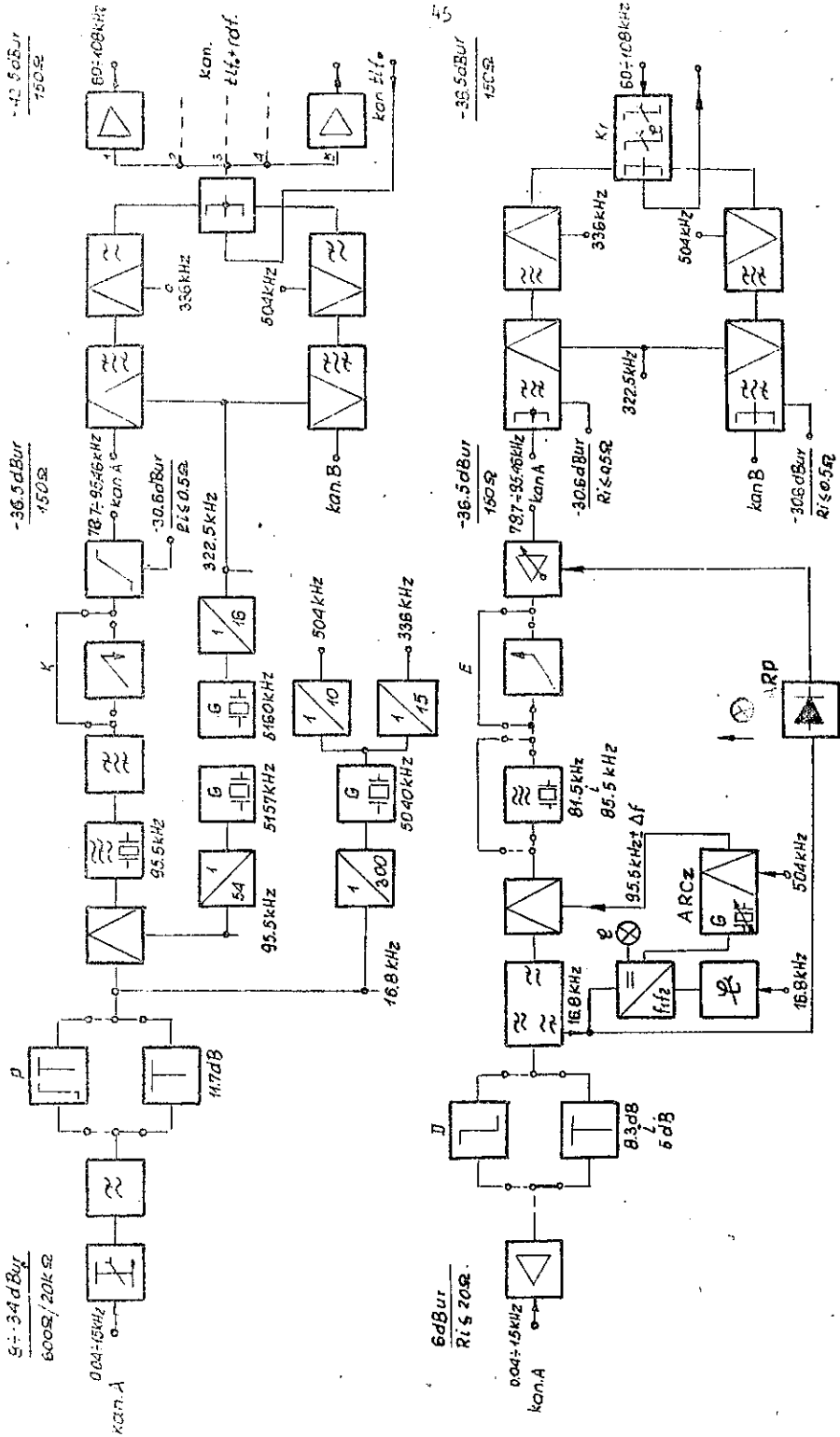


Rys. 21. Względne koszty tworzenia różnych łączy radiofonicznych wg obliczeń firmy L.M. Ericsson

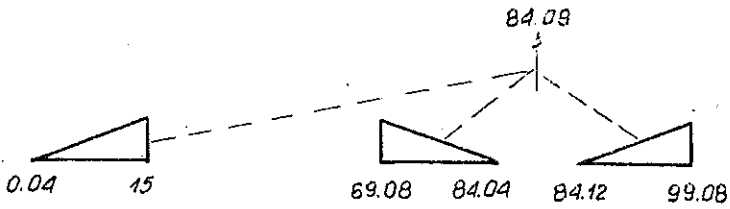
TA - system naturalny, pary ekranowane 0,7 mm obojczyki na tej samej parze /simplex/, LR - linia radiowa z modulacją częstotliwości, SSB - transmisja jednowstęgowa w tel. systemach współosiowych, DSB - transmisja dwuwstęgowa w tel. systemach współosiowych



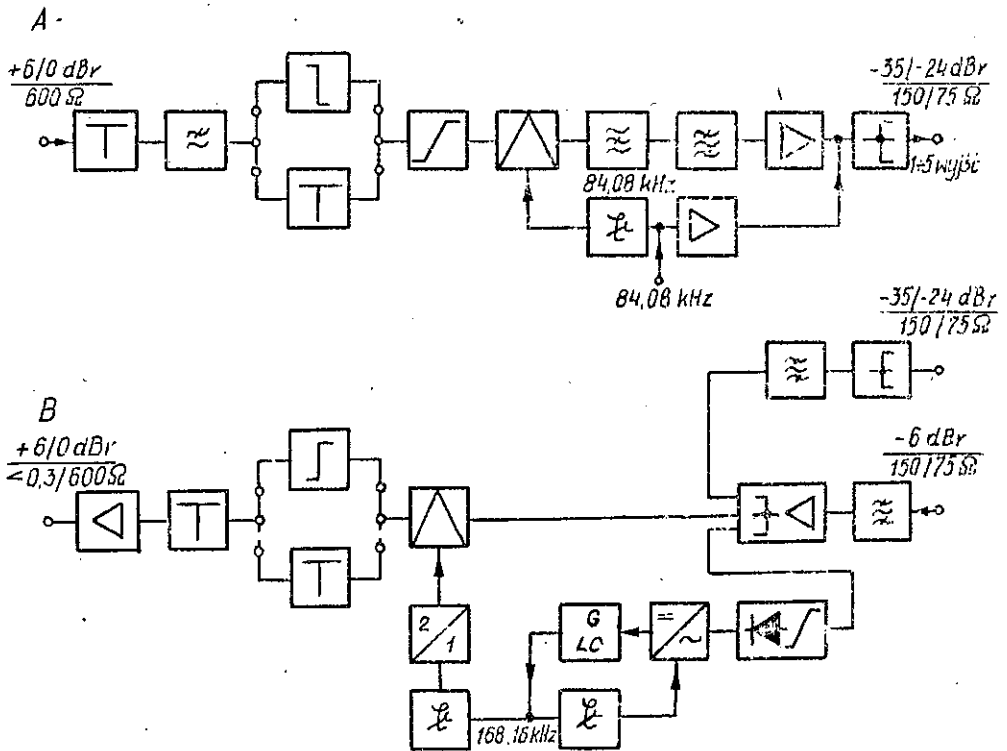
Rys. 22. Plan modulacji w urządzeniach KR-15. Częstotliwość w kHz



Rys. 23. Schemat blokowy urządzeń KR-15



Rys. 24. Plan modulacji w urządzeniach ZAB1-2.
Częstotliwość w kHz



Rys. 25. Schemat blokowy urządzeń ZAB1-2
A - część nadawcza, B - część odbiorcza

