

## 4. MATERIAŁ NAUCZANIA

### 4.1 Odbiór sygnału radiowego, głowica AM i FM

#### 4.1.1 Materiał nauczania

##### Wiadomości ogólne

Do podstawowych funkcji odbiornika radiowego zalicza się:

- wyodrębnienie żądanego sygnału spośród wielu innych dochodzących do odbiornika,
- wzmacnienie danego sygnału do wymaganej wartości,
- przekształcenie odebranego sygnału do postaci fali akustycznej.

Przenoszenie sygnału od nadawcy do odbiorcy odbywa się na bazie fali elektromagnetycznej, która jest nośnikiem wielkiej częstotliwości elektrycznego sygnału o częstotliwości akustycznej. W zależności od rodzaju modulacji odbieranego sygnału odbiorniki radiofoniczne dzieli się na:

- odbiorniki AM,
- odbiorniki FM,
- inne (jednowstęgowe, telegraficzne itp.).

Najważniejszymi parametrami technicznymi odbiornika radiowego są:

- czułość; najniższy poziom sygnału, jaki może odebrać odbiornik dostrojony do częstotliwości tego sygnału,
- selektywność; zdolność odbiornika do wydzielania sygnału o żądanej częstotliwości spośród innych sygnałów, indukowanych w antenie odbiorczej,
- wierność odtwarzania przesyłanego sygnału,
- stabilność pracy; wpływ zmiany warunków pracy na jakość odtwarzanego dźwięku.

##### Właściwości fal radiowych, podział na zakresy radiowe

Natężenie fali radiowej w miejscu odbioru zależy od mocy tejże fali emitowanej przez nadajnik, odległości odbiornika od nadajnika i od warunków propagacyjnych fal. Warunki propagacyjne są ściśle związane z częstotliwością fali, czyli jej długością. Zależność między tymi parametrami określa wzór

$$\lambda = c/f,$$

gdzie:  $\lambda$  - długość fali [m],

$c$  - prędkość rozchodzenia się fali [km/s],

$f$  - częstotliwość [kHz].

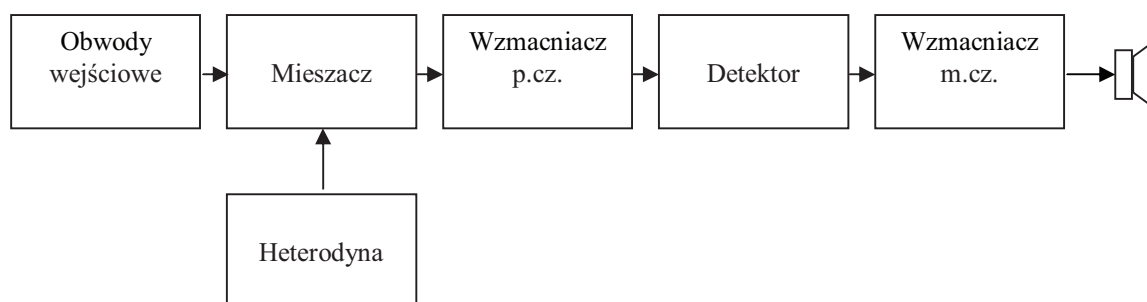
Tabela 1. Zakresy fal radiowych

Zakres	Długości fal	Częstotliwości
Fale długie	2,0 km – 1,0 km	150 – 300 kHz
Fale średnie	600 m - 200 m	500 – 1500 kHz
Fale krótkie	50 m - 10 m	6 - 30 MHz
Fale ultrakrótkie	3,4m – 2,78 m	88 - 108 MHz

Fale długie, wskutek bardzo małego tłumienia w gruncie, który dla tego zakresu zachowuje się praktycznie jak przewodnik, oraz dużej dyfrakcji, rozchodzą się w postaci fali powierzchniowej na dość duże odległości. Jednakże już w odległości 1000 - 2000 km od nadajnika natężenie pola fali jonosferycznej przewyższa natężenie pola fali powierzchniowej. Dlatego też w dalekosiężnej komunikacji na falach długich wykorzystuje się falę jonosferyczną. O zasięgu na falach średnich w dzień decyduje fala powierzchniowa, w ciągu nocy o zasięgu fal średnich decyduje fala jonosferyczna. Fale krótkie obejmują zakres częstotliwości od 3 do 30 MHz. Ze względu na krzywiznę Ziemi i tłumienie tego zakresu fal przez powierzchnię terenu zasięg fali powierzchniowej w zakresie fal krótkich jest niewielki: od kilkudziesięciu kilometrów od nadajnika (fale rzędu 100 m) do kilku kilometrów (fale rzędu 10 m). Jednakże fale krótkie mogą się odbić (raz lub wielokrotnie) od jonosfery i od Ziemi, umożliwiając na fali jonosferycznej łączność o zasięgu ogólnosiwiatowym. Odbiór fal ultrakrótkich jest możliwy tylko w zasięgu bezpośredniej widoczności anteny nadawczej z odbiorczą.

### Zasada odbioru sygnałów radiowych

Obecnie do odbioru sygnałów radiowych służą odbiorniki superheterodynowe tzn. odbiorniki, w których odbiór sygnału polega na przetwarzaniu odbieranego sygnału wielkiej częstotliwości na sygnał w.cz. o innej częstotliwości zwanej częstotliwością pośrednią. Częstotliwości pośrednie są wielkościami stałymi. Dzięki stałości częstotliwości pośredniej wzmacniacz tej częstotliwości może być raz na zawsze dokładnie nastrojony na tę częstotliwość. Ma to istotne znaczenie, ponieważ wzmacniacze te muszą mieć duże wzmocnienie i dużą selektywność, a więc są wzmacniaczami rezonansowymi.



Rys.1. Schemat blokowy odbiornika superheterodynowego

### Głowica AM

W skład głowicy AM wchodzi:

- obwód wejściowy, zadaniem którego jest dostarczenie do wejścia pierwszego stopnia odbiornika określonego sygnału w.cz. Powinien cechować się odpowiednią selektywnością, mieć odpowiednią szerokość pasma przenoszenia, odpowiedni zakres przestrajanania oraz przekazywać sygnał w.cz. z anteny do wejścia odbiornika,
- wzmacniacz w.cz., wzmacnia sygnał wydzielony przez obwody wejściowe i doprowadza go do mieszacza. Powinien posiadać odpowiednie wzmocnienie, odpowiednia selektywność, szerokość przenoszonego pasma i niski poziom szumów. Odbiorniki gorszej klasy nie posiadają wzmacniacza w.cz., a sygnał doprowadzany jest bezpośrednio do stopnia przemiany,
- heterodyna zwana generatorem lokalnym, dostarcza napięcie w.cz., które po zmieszaniu z napięciem sygnału w.cz. daje napięcie o częstotliwości pośredniej. Heterodyna powinna

pracować w całym zakresie przestrajania, częstotliwość drgań powinna być stabilna, amplituda generowanych drgań powinna być stała w całym zakresie przestrajania.

Zadaniem głowicy jest odebrać sygnał radiowy zmodulowany amplitudowo (AM) w zakresach fal długich, średnich i krótkich, wzmacnić, poddać przemianie częstotliwości i przesłać do pierwszego stopnia wzmacniacza pośredniej częstotliwości.

Częstotliwość pośrednia dla zakresów radiowych AM w polskich odbiornikach najczęściej wynosi 465 kHz i jest równa różnicy częstotliwości sygnału i częstotliwości heterodyny zgodnie ze wzorem  $F_p = F_s - F_h$ .

Do odbioru sygnałów radiowych zmodulowanych amplitudowo, czyli w paśmie od 150 kHz do 30 MHz, zastosowano podział na zakresy umożliwiające pełne przestrajanie heterodyny w danym zakresie. Przestrajanie heterodyny, czyli wyszukiwanie stacji nadawczej odbywa się na drodze elektronicznej dzięki zastosowaniu diod pojemnościowych tzw. warikapów. Takie rozwiązanie pozwala na automatyczne programowanie odbiornika radiowego.

## Głowica FM

W skład głowicy wchodzi:

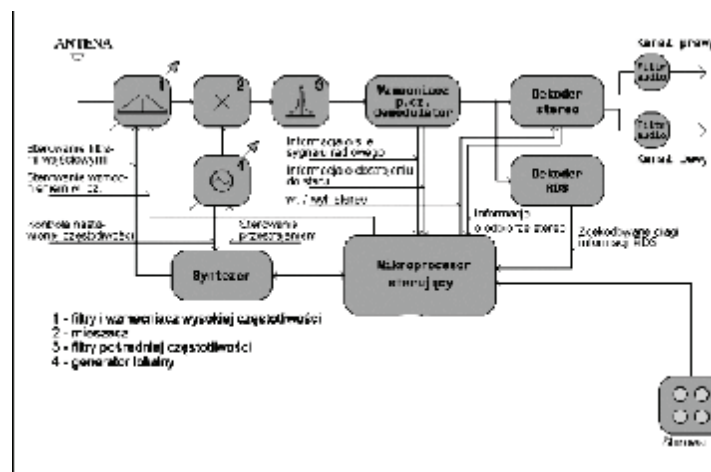
- obwód wejściowy,
- wzmacniacz wielkiej częstotliwości,
- heterodyna,
- pierwszy obwód częstotliwości pośredniej.

Głowice te w przeciwieństwie do głowic AM są zmontowane oddzielnie ze względu na potrzebę dobrego zaekranowania wydzielonego zespołu.

Od głowic FM wymaga się:

- dużego wzmocnienia,
- niskiego poziomu szumów własnych,
- dobrego tłumienia sygnałów lustrzanych,
- małej wartości napięcia heterodyny promieniowanej przez antenę,
- jak najmniejszego wpływu napięcia sygnału w.cz. na częstotliwość heterodyny,
- odporności na duży sygnał z anteny i wszelkie szkodliwe modulacje.

Do głowicy FM oprócz napięć zasilania i przestrajania doprowadzone są napięcia z układów ARW (automatyczna regulacja wzmocnienia) i ARCz (automatyczna regulacja częstotliwości).



Rys.2. Schemat blokowy odbiornika z syntezą częstotliwości [ 6 ]

Działanie układu ARW w odbiornikach radiowych polega na zmianie punktu pracy elementu wzmacniającego o zmiennym nachyleniu charakterystyki, w zależności od jakości odbieranego sygnału. W przypadku pogarszania się jakości odbioru sygnału nadawanego, punkt pracy przesuwa się w kierunku większego nachylenia charakterystyki, a w przypadku polepszenia się odbioru sygnału nadawczego, w kierunku mniejszego nachylenia charakterystyki. Informacja o sile sygnału przekazywana jest z demodulatora na mikroprocesor sterujący. Przesuwający się punkt pracy powoduje samoczynną regulację współczynnika wzmocnienia napięciowego wzmacniacza, utrzymując stały poziom natężenia dźwięku, niezależnie od zmian poziomu sygnału odbieranego.

Automatyczna regulacja częstotliwości, ARCz (AFC, ang. Automatic Frequency Control), to automatyczne dostrajanie się odbiornika do odbieranej częstotliwości sygnału, w przypadku, gdy odbiornik nie jest dokładnie dostrojony do odbieranej częstotliwości. Informację o niedostrojeniu odbiornika, układ ARCz pobiera z detektora FM, który dostarcza składową stałą dekodowanego sygnału jako błąd dostrojenia.

Najważniejszym układem głowicy jest generator lokalny, czyli heterodyna. W zależności od sposobu stabilizacji i przestrajania rozróżnia się następujące rodzaje generatorów lokalnych:

- VFO; z oscylatorem LC przestrajającym kondensatorem, rzadziej cewką,
- XO; z oscylatorem stabilizowanym kwarcem (ang. X-tal Oscillator),
- VCO; z oscylatorem LC przestrajającym warikapem (ang. Voltage Controlled Oscillator).

Współczesne odbiorniki radiowe wyposażone są głównie w oscylatory VCO z pętlą synchronizacji fazy PLL. W pętli PLL, (ang. Phase Locked Loop) następuje porównanie częstotliwości heterodyny z częstotliwością wzorcową wytworzoną w układzie syntezy częstotliwości. To rozwiązanie pozwala na zbudowanie oscylatorów, których częstotliwość można zmieniać dowolnie małymi krokami i których stabilność jest porównywalna ze stabilnością oscylatorów kwarcowych.

#### **4.1.2 Pytania sprawdzające**

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczenia.

1. Na czym polega modulacja AM?
2. Jakie rozróżnia się zakresy częstotliwości dla sygnałów radiowych?
3. Na jakich zakresach radiowych stosowana jest modulacja AM?
4. Jakimi parametrami technicznymi charakteryzuje się odbiornik radiowy?
5. Jak zdefiniować czułość odbiornika radiowego?
6. Jakie są główne zadania głowicy AM i FM?
7. Jaka rolę pełni w odbiorniku heterodyna?
8. Jak uzyskujemy częstotliwość pośrednią w odbiorniku?

#### **4.1.3 Ćwiczenia**

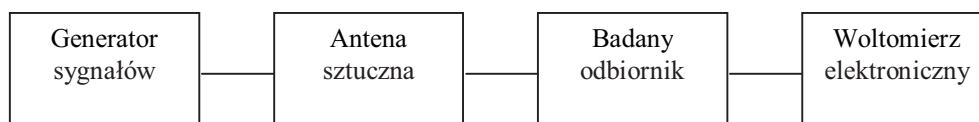
##### **Ćwiczenie 1**

Pomiar czułości głowicy odbiornika radiowego AM.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zmontować układ pomiarowy do badania czułości odbiornika,



- 2) ustawić na generatorze AM sygnał wyjściowy zmodulowany sygnałem 1 kHz i głębokości modulacji 30% ,
- 3) dokładnie dostroić odbiornik do częstotliwości nośnej (maksymalne wskazania woltomierza dołączonego do wyjścia głośnikowego),
- 4) dobrać taki najmniejszy poziom sygnału wejściowego, przy którym uzyskuje się znormalizowaną moc wyjściową i dopuszczalny poziom szumów ,
- 5) zapisać wynik,
- 6) przeprowadzić ten sam pomiar dla innej częstotliwości nośnej zmodulowanej AM,
- 7) dokonać pomiaru szumów tzn. dla fali nośnej niemodulowanej,
- 8) dokonać analizy wyników i zapisać wnioski,
- 9) wykonać wszystkie czynności z należytą starannością, i przy zastosowaniu przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy.

Uwaga: znormalizowana moc wyjściowa dla odbiorników radiowych to 1, 5, 50 lub 500 mW. Przy pomiarze dobieramy największą wartość, ale nie większą niż 10% mocy maksymalnej.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- odbiornik radiowy w postaci makiety z wydzielonymi punktami pomiarowymi,
- instrukcja serwisowa odbiornika radiowego,
- generator sygnałowy AM,
- multimetr cyfrowy,
- antena sztuczna,
- instrukcje obsługi urządzeń elektronicznych.

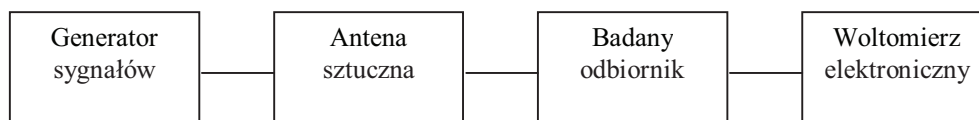
## Ćwiczenie 2

Pomiar selektywności głowicy odbiornika radiowego FM.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zmontować układ pomiarowy do badania selektywności odbiornika,



- 2) ustawić na generatorze FM sygnał wyjściowy zmodulowany sygnałem 1 kHz i dewiacji 10%,
- 3) dokładnie dostroić odbiornik do częstotliwości nośnej (maksymalne wskazania woltomierza dołączonego do wyjścia głośnikowego),
- 4) zmierzyć i zapisać napięcie wyjściowe,
- 5) wykonać pomiary dla kilku sygnałów nośnych o częstotliwościach różniących się od podstawowej o +/- 1%,
- 6) wyniki zanotować w tabeli pomiarowej,

Tabela pomiarowa z przykładowymi wielkościami pomiarowymi dla  $f$  podstawowej = 94 MHz.

L.p.	$f_s$ [MHz]	U[V]
1.	93,97	
2.	93,98	
3.	93,99	
4.	94,00	
5.	94,01	
6.	94,02	
7.	94,03	

- 7) na podstawie wyników pomiarów narysować krzywą selektywności odbiornika  $U_{wyj}=f(f)$ ,
- 8) przeprowadzić dodatkowe pomiary dla innej częstotliwości nośnej FM,
- 9) dokonać analizy wyników i zapisać wnioski,
- 10) wykonać wszystkie czynności z należytą starannością, i przy zastosowaniu przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- odbiornik radiowy w postaci makiety z wydzielonymi punktami pomiarowymi,
- instrukcja serwisowa odbiornika radiowego,
- generator sygnałowy z modulacją FM,
- multimetr cyfrowy,
- antena sztuczna,
- instrukcje obsługi urządzeń elektronicznych.

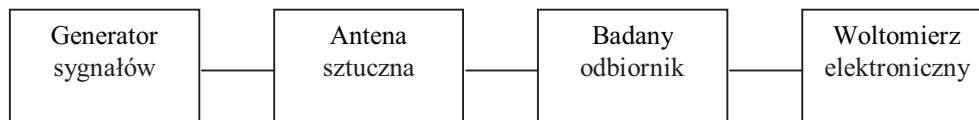
### Ćwiczenie 3

Badanie charakterystyki ARW głowicy AM i FM.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zmontować układ pomiarowy do badania głowicy AM i FM,



- 2) ustawić na generatorze AM sygnał wyjściowy zmodulowany sygnałem 1 kHz i głębokości modulacji 30% i  $f = 200$  kHz,
- 3) dokładnie dostroić odbiornik do częstotliwości nośnej,
- 4) regulując napięcie wyjściowe z generatora sygnałowego w granicach od 10 mV do 1 V, mierzyć napięcie wyjściowe na odbiorniku radiowym,
- 5) wyniki zanotować w tabelce,
- 6) na podstawie tabelki pomiarowej narysować charakterystykę ARW tj.  $U_{wyj.}=f(U_{wej})$ ,
- 7) ustawić na generatorze FM sygnał wyjściowy zmodulowany sygnałem 1 kHz i dewiacji 10% i  $f = 94$  MHz,
- 8) dokładnie dostroić odbiornik do częstotliwości nośnej,
- 9) wykonać czynności z punktów 4, 5, i 6 dla zakresu FM,
- 10) dokonać analizy wyników i zapisać wnioski.
- 11) wykonać wszystkie czynności z należytą starannością i przy zastosowaniu przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- odbiornik radiowy w postaci makiety z wydzielonymi punktami pomiarowymi,
- instrukcja serwisowa odbiornika radiowego,
- generator sygnałowy AM i FM,
- multimetr cyfrowy,
- antena sztuczna,
- instrukcje obsługi urządzeń elektronicznych.

#### 4.1.4 Sprawdzian postępów

<b>Czy potrafisz:</b>	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) określić zakresy częstotliwości sygnałów radiowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) wyliczyć długość fali znając jej częstotliwość?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) wyjaśnić podstawowe zadania odbiornika radiowego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) wyjaśnić rolę heterodyny w odbiorniku radiowym?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) podać różnicę pracy głowicy AM i FM?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) zdefiniować podstawowe parametry odbiornika radiowego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) wyznaczyć podstawowe parametry odbiornika radiowego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) dobrać odpowiednie przyrządy pomiarowe i źródła sygnału do badania głowicy w.cz.?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) posługiwać się instrukcjami serwisowymi odbiorników?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10) czytać i interpretować schemat ideowy głowicy AM i FM?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



## 4.2 Tor pośredniej częstotliwości, demodulatory AM i FM

### 4.2.1 Materiał nauczania

#### Wiadomości podstawowe

W procesie przemiany częstotliwości otrzymuje się napięcie pośredniej częstotliwości, które jest doprowadzane do wzmacniacza pośredniej częstotliwości. Zapewnia on wzmocnienie napięcia do wymaganej amplitudy. Od wzmacniacza p.cz. wymaga się:

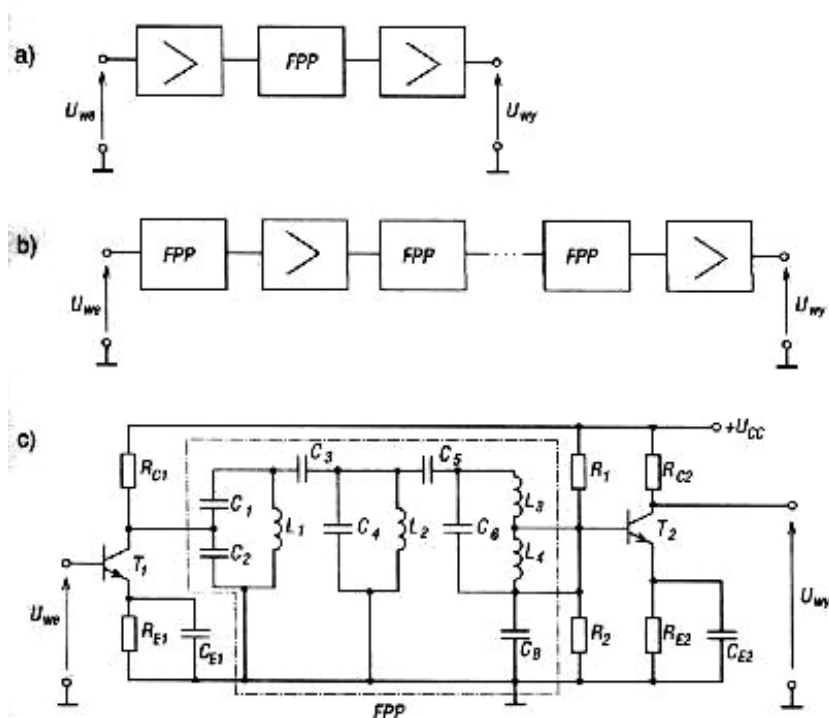
- odpowiedniej selektywności i szerokości przenieszonego pasma,
- dużego wzmocnienia,
- stabilnej pracy.

Szerokość pasma jest uzależniona od rodzaju modulacji odbieranego sygnału. Dla sygnałów zmodulowanych amplitudowo (AM) wynosi 9 kHz, w przypadku modulacji częstotliwościowej (FM) szerokość pasma dla sygnałów stereofonicznych wynosi 206 kHz.

Dobierając częstotliwości pośrednie dla odbiorników radiowych uwzględniono rodzaj modulacji, uzyskanie dużego współczynnika wzmocnienia, selektywność obwodów oraz przedział częstotliwości, w którym nie pracuje, żaden nadajnik radiowy. I tak dla modulacji AM przyjęto częstotliwość pośrednią równą 465 kHz, a dla FM – 10,7 MHz.

#### Budowa wzmacniaczy pośredniej częstotliwości

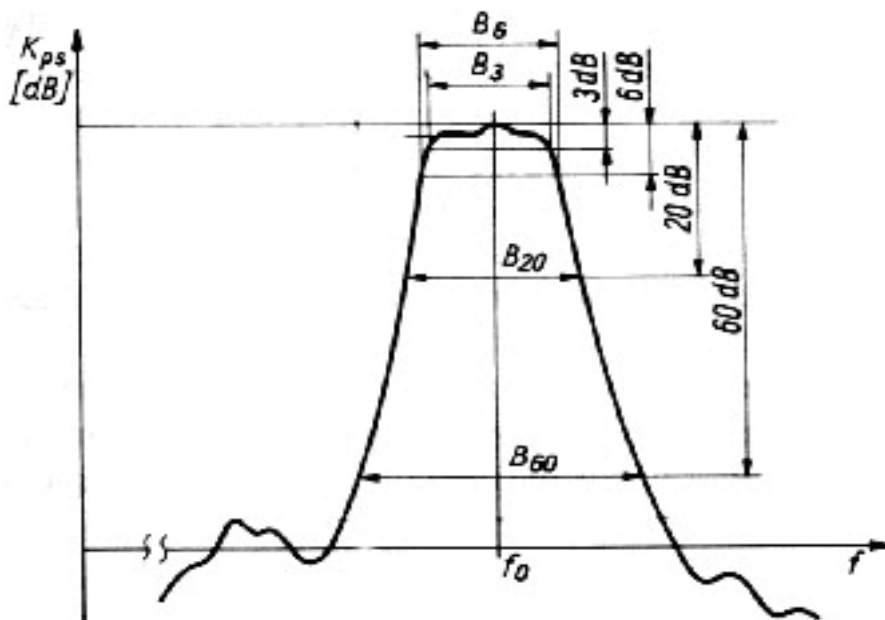
Ze względu na sposób stosowania elementów selektywnych wzmacniacze p.cz. dzielimy na wzmacniacze z rozłożoną selektywnością i ze skupioną selektywnością.



Rys.3. Schematy układów wzmacniaczy p.cz.: a) ze skupioną selektywnością; b) z rozłożoną selektywnością; c) układ praktyczny. [ 4 ]



W odbiornikach radiofonicznych stosuje się stopnie wzmacniające z pojedynczymi obwodami rezonansowymi i filtrami pasmowymi (skupiona selektywność). Dla zwiększenia dobroci obwodów rezonansowych w miejsce tradycyjnych obwodów LC stosowane są filtry ceramiczne lub rezonatory kwarcowe, a w chwili obecnej powszechnie stosuje się filtry z falą powierzchniową.



Rys.4. Typowa charakterystyka wzmacniacza selektywnego p.cz. [ 4 ]

Podstawowym parametrem wzmacniacza selektywnego jest szerokość pasma przepustowego  $B_3$  określana dla spadku wzmocnienia o 3 dB. Pasma wzmacniacza powinno być dopasowane do widma sygnału, (zbyt mała szerokość pasma powoduje zniekształcenia sygnału, zbyt duża zwiększa poziom szumów i zakłóceń). W odbiornikach radiowych w zakresach fal długich, średnich i krótkich stosuje się wartości  $B_3$  rzędu 6-8 kHz, w zakresie UKF - ok. 200-250 kHz. Częstotliwość środkowa  $f_0$  zależy od zastosowania wzmacniacza. We wzmacniaczach pośredniej częstotliwości odbiorników radiowych wynosi 465 kHz w zakresach fal długich i średnich, 10,7 MHz w zakresie UKF.

Selektywność wzmacniaczy charakteryzuje szerokość pasma przy określonym spadku wzmocnienia (np.  $B_{20}$  przy spadku o 20 dB,  $B_{60}$  przy spadku o 60 dB) oraz za pomocą tzw. współczynników prostokątności  $p = B_3/B_{20}$  lub  $B_6/B_{60}$ .

Od filtrów pośredniej częstotliwości zależy selektywność radia, czyli to, jak bardzo zbliżona w częstotliwości stacja nie będzie jeszcze "wchodziła" na słuchaną. Tu potrzebny jest kompromis: im węższy filtr tym gorsza jakość dźwięku, a im szerszy tym bardziej oddalone w częstotliwości stacje będą przeszkadzały. Dlatego niektóre radia FM pozwalają wybrać: albo krystaliczna jakość dźwięku w standardowym ustawieniu (filtr "szeroki"), ale tylko pod warunkiem, że w pobliżu ( $\pm 0,4$  MHz) nie ma zbliżonej mocą stacji (wiele słabsza może być), albo trochę gorsza jakość, ale za to możliwość odbioru w ogóle (filtr "wąski").

Wzmacniacz p.cz. odbiornika uniwersalnego ma dwa tory wzmacniające. Jeden tor wzmacnia częstotliwość pośrednią UKF, a drugi częstotliwość pośrednią fal długich, średnich lub krótkich. Obydwa tory są zbudowane na tych samych elementach wzmacniających oraz oddzielnych równoległych obwodach rezonansowych.

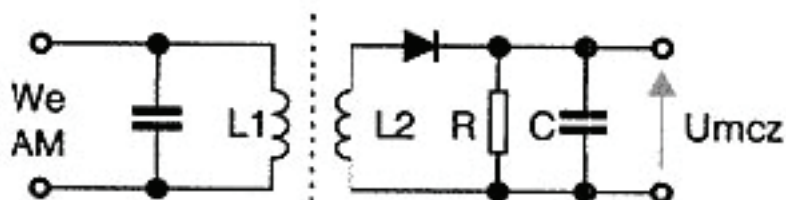
Obecnie stosowane wzmacniacze p.cz., to układy scalone analogowe np. UL 1211. Są to monolityczne układy zawierające oprócz wzmacniacza p.cz., detektor AM, stabilizator napięcia oraz ogranicznik FM.

## Demodulatory AM i FM

Demodulatory, są to układy służące do odzyskania sygnału akustycznego (sygnału m.cz.) ze zmodulowanych sygnałów radiowych. W odbiornikach superheterodynowych do detektorów sygnał dociera ze wzmacniacza p.cz., czyli wartość częstotliwości poddawanej demodulacji wynosi 465 kHz lub 10,7 MHz, w zależności od rodzaju modulacji.

Demodulowanie sygnału o modulacji amplitudowej jest oparte na procesie prostowania sygnału w.cz. i dlatego nazywane jest detekcją. Rozróżnia się dwa sposoby detekcji: liniową i nieliniową (kwadratową). Układy detekcyjne powinny charakteryzować się:

- dużą rezystancją wejściową,
- małymi zniekształceniami liniowymi i nieliniowymi,
- dobrą sprawnością detekcji.



Rys.5. Schemat przykładowego detektora AM [ 5 ]

Demodulacja sygnału zmodulowanego częstotliwościowo odbywa się w dwóch etapach. W pierwszym etapie za pomocą „dyskryminatora” uzyskuje się równoważny sygnał zmodulowany amplitudowo w stosunku do wejściowego sygnału zmodulowanego częstotliwościowo. W drugim etapie uzyskany sygnał o modulacji amplitudowej podlega detekcji. Stąd widać, że demodulator FM składa się z dyskryminatora i detektora amplitudowego.

Dyskryminator przystosowany jest do pracy przy stałej amplitudzie sygnału, dlatego w celu wyrównania ewentualnych wahań amplitudy powinien stosowany być ogranicznik amplitudy, który wyrównuje amplitudę sygnału wejściowego.

Obecnie stosuje się detektory FM koincydencyjne (kwadraturowe), które wraz ze wzmacniaczem p.cz. stanowią jedną całość, jeden układ scalony. Na wyjściu tego układu otrzymujemy sygnał m.cz. w paśmie akustycznym i dodatkowe informacje służące do sterowania innymi blokami radiowymi tzn.:

- informacja o sygnale stereofonicznym,
- informacja dla układu ARW,
- informacja dla układu automatycznego strojenia,
- informacja do układu ARCz,
- informacje RDS.

## 4.2.2 Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie są wymagania stawiane wzmacniaczom p.cz.?
2. Jaka jest szerokość pasma sygnału AM i FM?
3. Ile wynosi częstotliwość pośrednia AM i FM?
4. Jak wyznaczyć współczynnik selektywności wzmacniacza p.cz.?
5. Na czym polega demodulacja sygnałów AM?
6. Na czym polega demodulacja sygnałów FM?
7. Jakie wymagania stawiane są demodulatorom AM i FM?
8. Jakie dodatkowe informacje uzyskujemy na wyjściu demodulatora FM?

## 4.2.3 Ćwiczenia

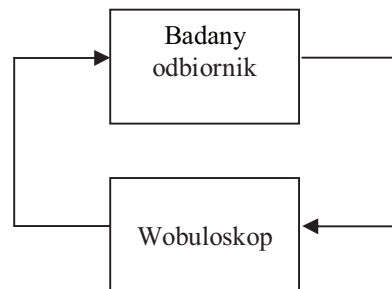
### Ćwiczenie 1

Badanie toru pośredniej częstotliwości odbiornika AM.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zmontować układ do badania odbiornika AM,



- 2) ustawić odpowiedni sygnał wyjściowy z wobuloskopu ( $f=465$  kHz, dewiacja 5%),
- 3) podać sygnał na wejście wzmacniacza p.cz. AM,
- 4) odebrać sygnał wyjściowy z odbiornika radiowego po detektorze AM,
- 5) przerysować otrzymaną charakterystykę częstotliwościową wzmacniacza p.cz.,
- 6) na podstawie charakterystyki wyznaczyć selektywność wzmacniacza p.cz.,
- 7) przeanalizować, które elementy badanego obwodu mają bezpośredni wpływ na kształt charakterystyki,
- 8) wykonać wszystkie czynności z należytą starannością, i przy zastosowaniu przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- odbiornik radiowy w postaci makiety z wydzielonymi punktami pomiarowymi,
- instrukcja serwisowa odbiornika radiowego,
- wobuloskop,
- instrukcja obsługi wobuloskopu,
- sondy pomiarowe.

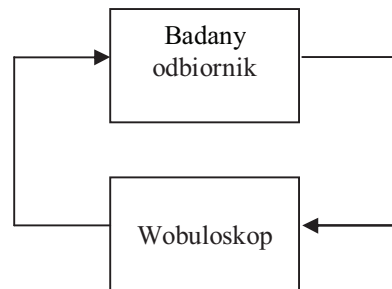
## Ćwiczenie 2

Badanie toru pośredniej częstotliwości odbiornika FM.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zmontować układ do badania odbiornika FM,



- 2) ustawić odpowiedni sygnał wyjściowy z wobuloskopu ( $f=10,7$  MHz, dewiacja 10%),
- 3) podać sygnał na wejście wzmacniacza p.cz. FM,
- 4) odebrać sygnał wyjściowy z odbiornika radiowego poprzez sondę detekcyjną,
- 5) przerysować otrzymaną charakterystykę częstotliwościową wzmacniacza p.cz.,
- 6) na podstawie charakterystyki wyznaczyć selektywność wzmacniacza p.cz.,
- 7) przeanalizować, które elementy badanego obwodu mają bezpośredni wpływ na kształt charakterystyki,
- 8) wykonać wszystkie czynności z należytą starannością, i przy zastosowaniu przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- odbiornik radiowy w postaci makiety z wydzielonymi punktami pomiarowymi,
- instrukcja serwisowa odbiornika radiowego,
- wobuloskop,
- instrukcja obsługi wobuloskopu,
- sondy pomiarowe.

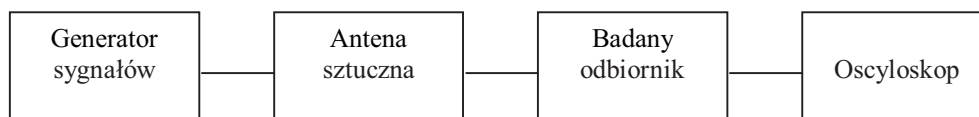
## Ćwiczenie 3

Badanie demodulatora AM i FM.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zmontować układ do badania odbiornika radiowego,



- 2) ustawić na generatorze AM sygnał wyjściowy zmodulowany sygnałem 1 kHz i głębokości modulacji 30% ,
- 3) dokładnie dostroić odbiornik do częstotliwości nośnej,
- 4) dokonać obserwacji przebiegów czasowych na oscyloskopie przed i po detektorze AM,

- 5) narysować otrzymane przebiegi czasowe i dokonać analizy pomiarów,
- 6) wyznaczyć sprawność detektora AM,
- 7) ustawić na generatorze FM sygnał wyjściowy zmodulowany sygnałem 1 kHz,
- 8) dokładnie dostroić odbiornik do częstotliwości nośnej,
- 9) dokonać obserwacji przebiegów czasowych na oscyloskopie przed i po detektorze FM,
- 10) narysować otrzymane przebiegi czasowe i dokonać analizy pomiarów,
- 11) wykonać wszystkie czynności z należytą starannością, i przy zastosowaniu przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- odbiornik radiowy w postaci makiety z wydzielonymi punktami pomiarowymi,
- instrukcja serwisowa odbiornika radiowego,
- oscyloskop,
- instrukcja obsługi oscyloskopu,
- sondy pomiarowe,
- generator sygnałowy,
- sztuczna antena.

#### 4.2.4 Sprawdzian postępów

**Czy potrafisz:**

	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) określić zadania toru pośredniej częstotliwości?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) określić wymagania stawiane wzmacniaczom p.cz.?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) wyjaśnić różnicę w działaniu toru p.cz. dla odbiornika AM i FM?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) wyjaśnić kształt charakterystyki toru p.cz.?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) określić selektywność toru p.cz. dla odbiorników AM i FM?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) uzasadnić dobór filtrów w wzmacniaczach p.cz.?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) wyjaśnić zasadę działania detektora AM?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) wyjaśnić zasadę działania demodulatora FM?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) podać podstawowe wymagania stawiane demodulatorom?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10) określić dodatkowe funkcje demodulatora FM?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 4.3 Stereodekoder, korekcja barwy dźwięku

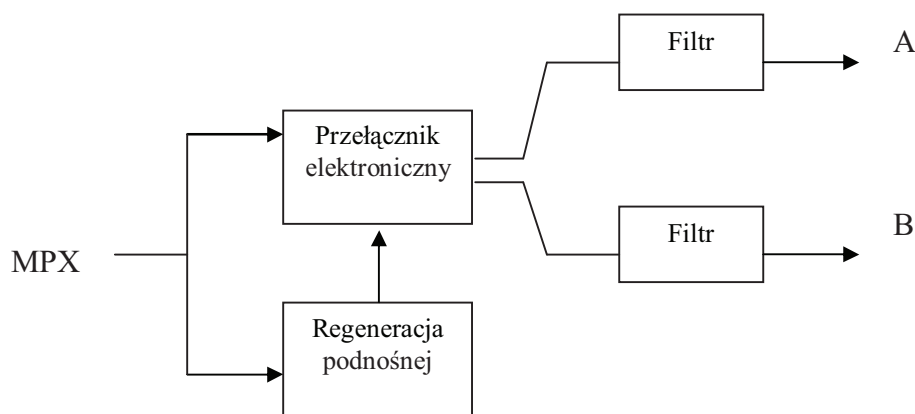
### 4.3.1 Materiał nauczania

#### Stereodekoder

Blok odbiornika radiowego służący do dekodowania złożonego sygnału stereofonicznego otrzymanego z dyskryminatora FM nazywamy stereodekoderem lub dekoderem stereo. Na wyjściu dekodera otrzymujemy dwa sygnały pojedyncze, odpowiadające sygnałom kanału lewego i prawego. Rozróżniamy następujące typy dekoderek:

- dekoder z detekcją obwiedni,
- dekoder z filtracją obwiedni,
- dekoder z systemem przełączeniowym (układem klucującym).

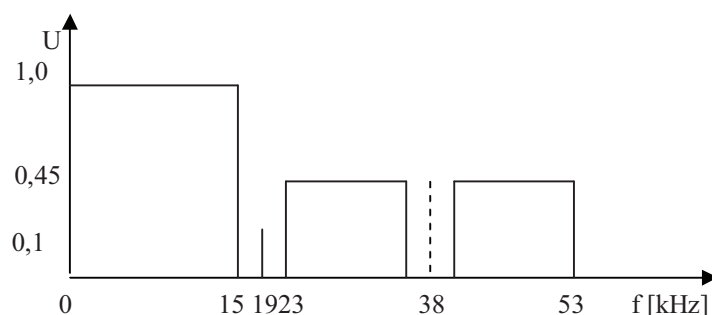
Obecnie stosuje się tylko dekodery z układem klucującym, którego zasada działania polega na przełączaniu na przemian dwóch torów synchronicznie z częstotliwością podnośną.



Rys.6. Schemat blokowy dekodera z systemem przełączeniowym [ 3, s.508 ]

Kompleksowy sygnał stereofoniczny MPX składa się z:

- sygnału monofonicznego (suma kanałów stereofonicznych) o zakresie 30 Hz – 15 kHz,
- sygnału pilotującego (19 kHz),
- sygnału różnicowego, przesuniętego dzięki modulacji na podnośnej 38 kHz, do zakresu od 23 kHz do 53 kHz.



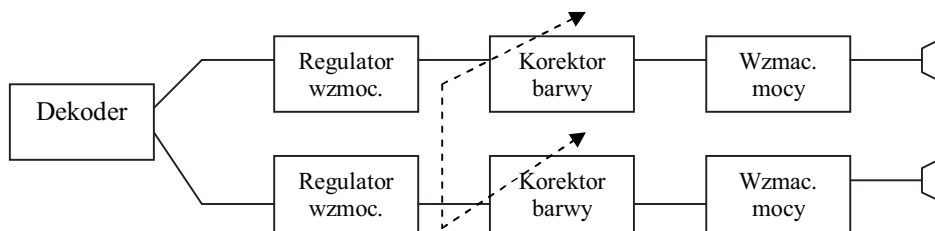
Rys.7. Widmo kompleksowego sygnału stereofonicznego [ 2, s.106 ]

Podnośna 38 kHz jest całkowicie wytłumiona w nadajniku i odtworzona w odbiorniku radiowym dzięki sygnałowi pilota równemu 19 kHz. Od konstrukcji dekodera, czyli

w praktyce od użytego układu scalonego, zależy dokładność rozdzielania kanałów lewego i prawego czyli wierność odtwarzania efektu przestrzennego, standardowe układy zapewniają nie więcej jak 40 dB separacji (dla porównania odtwarzacz CD oferuje przynajmniej 90 dB), te lepsze 50 do 60, maksymalnie ok. 80 dB - jest to ograniczenie "systemowe", wynikające z zastosowanej metody przesyłania. Następnie sygnały kanałów lewego i prawego wędrują do wzmacniacza oddzielnego lub zintegrowanego z odbiornikiem.

### Korekcja barwy dźwięku

Sygnał akustyczny uzyskany z dekodera stereofonicznego przesyłany jest do układów przedwzmacniaczy, korekcji dźwięku i do wzmacniacza mocy. Wszystkie te układy są identyczne dla kanału lewego i prawego, a w przypadku odbioru sygnałów monofonicznych sterowane są jednym identycznym sygnałem.



Rys.8. Schemat blokowy toru m.cz. odbiornika radiowego [ 2, s.20 ]

Korekcja barwy dźwięku jest wspólna dla kanału lewego i prawego. Rozwiązania dotyczące sposobu regulacji i możliwości są uzależnione od producentów sprzętu. Najczęściej stosowane w radioodbiornikach zintegrowanych ze wzmacniaczem są regulacje tonów niskich i wysokich. Odbiorniki z układami cyfrowymi pozwalają programować dowolną korekcję barwy lub proponują zastosowanie różnych ustawień barwy zaprogramowanej przez producenta.

### 4.3.2 Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie zadanie spełnia stereodekoder w odbiorniku radiowym?
2. Jaki sygnał wchodzi na wejście dekodera?
3. Jakie znasz typy dekoderek?
4. Co to jest pilot w sygnale stereofonicznym i jaka jest jego częstotliwość?
5. Na czym polega zasada kompatybilności nadawanego sygnału stereofonicznego?
6. Do czego służy podnośna 38 kHz?
7. Jakie zadania spełniają układy korekcji barwy dźwięku?
8. Jakie częstotliwości akustyczne poddawane są podstawowej korekcji barwy dźwięku?

### 4.3.3 Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

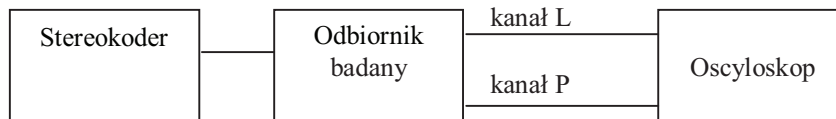
Badanie stereodekodera odbiornika FM.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zmontować układ do badania odbiornika radiowego,





- 2) na wejście odbiornika podać sygnał o  $f = 94$  MHz zmodulowany sygnałem MPX,
- 3) dostroić odbiornik do podanej częstotliwości,
- 4) na stereokoderze wybrać modulację i włączyć częstotliwość pilota (19 kHz),
- 5) zaobserwować sygnał na wyjściu wzmacniacza m.cz za pomocą oscyloskopu przy włączonym i wyłączonym sygnale pilota,
- 6) spostrzeżenia zanotować w tabeli,
- 7) wykonać obserwacje przebiegów dla różnych właściwości sygnału stereo MPX :
  - wyłączone dwa kanały,
  - włączony pojedynczy kanał,
  - włączone dwa kanały w fazie i przeciwfazie,
  - wyłączone dwa kanały.
- 8) narysować otrzymane przebiegi czasowe i dokonać analizy pomiarów,
- 9) powtórzyć czynności z punktów od 5 do 8, podając sygnał MPX bezpośrednio na wejście stereodekodera,
- 10) wykonać wszystkie czynności z należytą starannością, i przy zastosowaniu przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- odbiornik radiowy w postaci makiety z wydzielonymi punktami pomiarowymi,
- instrukcja serwisowa odbiornika radiowego,
- stereokoder,
- oscyloskop dwukanałowy,
- instrukcje obsługi urządzeń elektronicznych.

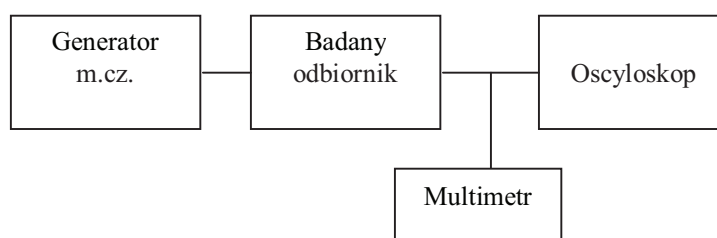
## Ćwiczenie 2

Badanie korekcji barwy dźwięku odbiornika radiowego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować schemat ideowy odbiornika radiowego,
- 2) ustalić punkty podłączenia urządzeń pomiarowych do odbiornika,
- 3) skonsultować z nauczycielem zaproponowany schemat podłączeń,
- 4) zmontować układ do badania odbiornika radiowego,



- 5) podłączyć sygnał z wyjścia generatora do wejścia przedwzmacniacza m.cz w odbiorniku radiowym,
- 6) ustawić regulatory korekcji barwy dźwięku na wartość 0,

- 7) ustawić poziom napięcia wyjściowego z generatora na taką wartość, aby nie przekroczyć poziomu zniekształceń (obserwacja jakości sinusoidy na oscyloskopie, aby nie wystąpiło zniekształcenie sinusoidy),
- 8) regulując częstotliwością wyjściową z generatora w zakresie od 10 Hz do 15 kHz odczytujemy wartości napięć na multimetrze lub oscyloskopie,
- 9) wyniki notujemy w tabeli pomiarowej,

Tabela pomiarowa z przykładowymi wielkościami pomiarowymi.

L.p.	$f_s$ [Hz]	U[V]
1.	10	
2.	15	
3.	30	
4.	100	
5.	500	
6.	1000	
7.	3000	
8.	5000	
9.	10000	
10.	15000	

- 10) na podstawie tabeli rysujemy wykres  $U_{wyj} = f(f)$  przy  $U_{wej} = \text{const}$
- 11) przestawić regulator tonów niskich na 80% i powtórzyć czynności z punktów 5, 6 i 7,
- 12) przestawić regulator tonów wysokich na 80% i powtórzyć czynności z punktów 5, 6 i 7,
- 13) na bazie narysowanych charakterystyk wyciągnąć wnioski dotyczące pracy układów korekcji dźwięku,
- 14) wykonać wszystkie czynności z należytą starannością i przy zastosowaniu przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- odbiornik radiowy w postaci makiety z wydzielonymi punktami pomiarowymi,
- instrukcja serwisowa odbiornika radiowego,
- generator sinusoidalny m.cz.,
- multimetr cyfrowy,
- oscyloskop,
- instrukcje obsługi urządzeń elektronicznych.

#### 4.3.4 Sprawdzian postępów

<b>Czy potrafisz:</b>	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) określić podstawowe zadanie stereodekodera?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) narysować widmo sygnału MPX?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) przesłać sygnał stereofoniczny z kodera do odbiornika?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) określić rolę częstotliwości 19 kHz w sygnale stereofonicznym?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) wyjaśnić zasadę działania współczesnych dekoderek?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) określić lokalizację korekcji dźwięku na schemacie blokowym?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) narysować charakterystyki częstotliwościowe korekcji dźwięku?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) umiejscowić na schemacie ideowym odbiornika układy korekcji?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 4.4 Wzmacniacze mocy, zestawy głośnikowe

### 4.4.1 Materiał nauczania

#### Wzmacniacze mocy

Po demodulacji sygnału otrzymujemy napięcie o częstotliwości akustycznej (m.cz.). Amplituda tego sygnału jest zbyt mała, aby wystawiać przetwornik elektryczno-akustyczny, jakim jest głośnik. W związku z tym sygnał małej częstotliwości poddawany jest wzmocnieniu, najczęściej w kilkustopniowym wzmacniaczu mocy. Pierwsze stopnie służą do wzmocnienia napięcia sygnału. W części tej, nazywanej potocznie wzmacniaczem napięciowym, umieszczone są regulatory wzmocnienia i barwy dźwięku. Ostateczną moc i dopasowanie do głośnika uzyskujemy w stopniu końcowym.

Rozpatrując wzmacniacz m.cz., jako część odbiornika radiowego, musimy dokonać podziału odbiorników ze względu na ich przeznaczenie:

- odbiorniki radiowe jako dodatek urządzenia elektronicznego (zegarek, telefon komórkowy itp.); wzmacniacz bardzo małej mocy, niskie parametry techniczne, brak dodatkowych regulacji, głośniki lub słuchawki o niskich parametrach,
- odbiorniki radiowe klasy popularnej; wzmacniacz m.cz. o małej mocy, niezbyt dobre parametry techniczne, ograniczone regulacje barwy dźwięku lub ich brak, niska jakość zastosowanych głośników,
- odbiorniki radiowe klasy wyższej tzw. amplitunery; wzmacniacz o średniej mocy, dobre lub bardzo dobre parametry techniczne, różne układy korekcji dźwięku, możliwość zastosowania szerokiej gamy głośników,
- odbiorniki bez wzmacniacza końcowego tzw. tunery radiowe; udostępniają standardowy sygnał akustyczny m.cz., który można podłączyć do dowolnych wzmacniaczy akustycznych lub innych urządzeń akustycznych.

W tym dziale materiału nauczania będziemy zajmować się odbiornikami klasy popularnej i ich wzmacniaczami m.cz.

Wielkościami charakteryzującymi wzmacniacz małej częstotliwości są:

- wzmocnienie napięciowe,
- moc znamionowa,
- zakres przenoszonych częstotliwości,
- zniekształcenia nieliniowe (harmoniczne),
- impedancja wejściowa i wyjściowa.

Wzmocnienie napięciowe jest to liczba określająca, ile razy amplituda napięcia na wyjściu jest większa od amplitudy na wejściu wzmacniacza

$$Ku = \frac{U_{wyj} [V]}{U_{wej} [V]}$$

Wzmocnienie to często jest określane w decybelach. Obliczenie wartości w decybelach określa wzór

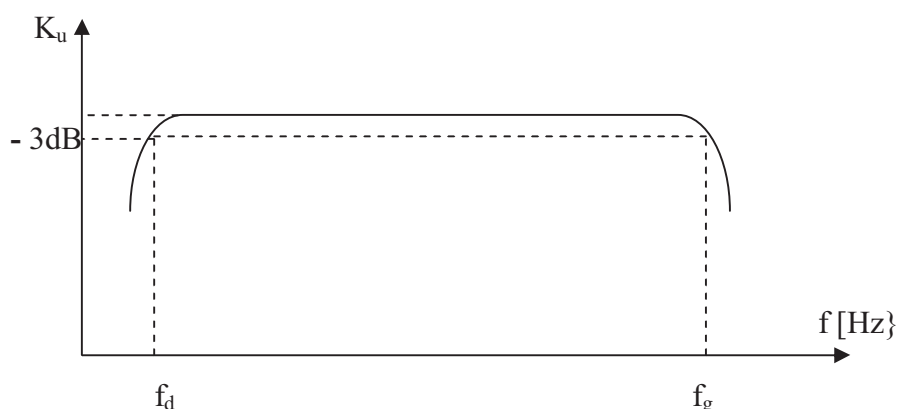
$$Ku = 20 \log \frac{U_{wyj}}{U_{wej}} [dB]$$

Znamionowa moc wyjściowa jest to moc, którą wzmacniacz może wydzielić na znamionowej impedancji obciążenia przy danej częstotliwości bez przekroczenia określonego współczynnika zniekształceń nieliniowych (zawartości harmonicznnych).

Zakres przenoszonych częstotliwości jest nazywany szerokością pasma

$$\Delta f = f_g - f_d$$

przy czym:  $f_g$  – górna częstotliwość graniczna;  $f_d$  – dolna częstotliwość graniczna  
 Jako częstotliwości graniczne wzmacniacza przyjmujemy taką częstotliwość, przy której wzmacnienie napięciowe maleje o 3 dB w stosunku do wzmacnienia w środku pasma.



Rys.9. Przykładowy wykres pasma częstotliwości wzmacniacza

Zniekształcenia nieliniowe polegają na powstawaniu sygnałów o częstotliwościach harmonicznych. Przyczyną powstawania tych zniekształceń są nieliniowe charakterystyki prądowo-napięciowe elementów elektronicznych. Wartość zniekształceń nieliniowych określa się procentowo współczynnikiem zawartości harmonicznych „h”.

Impedancja wejściowa jest to impedancja, jaka przedstawia sobą wejście wzmacniacza dla znamionowych warunków pracy. Od jej wartości zależy obciążalność źródła sygnału, czyli demodulatora w przypadku radioodbiornika.

Impedancja wyjściowa decyduje o wartości obciążenia w zakresie częstotliwości akustycznych. Standardowo impedancje wyjściowe wzmacniaczy wynoszą 4, 8 lub 15  $\Omega$ .

## Zestawy głośnikowe

Głośniki są to urządzenia przetwarzające energię elektryczną w akustyczną. Napięcie zmienne o częstotliwościach akustycznych doprowadzone ze wzmacniacza m.cz. wprawia w ruch membranę głośnika, która z kolei wprawia w ruch cząsteczki powietrza, wytwarzając fale dźwiękowe.

Ze względu na zastosowanie i zakres przenoszonych częstotliwości głośniki można podzielić na następujące grupy:

- średniotonowe (szerokopasmowe),
- niskotonowe,
- wysokotonowe,
- standardowe.

Głośnik standardowy to głośnik szerokopasmowy, uniwersalny produkowany do odbiorników radiowych popularnych, przenośnych, samochodowych i innych urządzeń wymagających wytworzenia fali dźwiękowej.

Ze względu na zasadę działania głośniki dzielimy na:

- magnetoelektryczne,
- elektromagnetyczne,
- piezoelektryczne,
- pojemnościowe i inne.

Najszerze zastosowanie znalazły głośniki magnetoelektryczne o ruchomej cewce zwane popularnie głośnikami dynamicznymi.

Do podstawowych parametrów głośników dynamicznych zaliczamy:

- moc znamionowa; jest to wartość elektrycznej mocy pozornej, którą może on być obciążony w sposób trwały,
- częstotliwość rezonansowa; jest to najmniejsza częstotliwość, przy której impedancja głośnika osiąga swoje pierwsze maksimum,
- górna częstotliwość graniczna; jest to częstotliwość, przy której wytwarzane ciśnienie akustyczne spada o 10 dB,
- dolna częstotliwość graniczna; jest to częstotliwość rezonansowa z wyjątkiem głośników wysokotonowych,
- impedancja znamionowa; jest to najmniejsza wartość impedancji przy częstotliwości leżącej powyżej rezonansu mechanicznego (typowe wartości to 4,8 i 15Ω),
- efektywność głośnika; jest to stosunek średniego ciśnienia akustycznego wytworzonego przez głośnik zasilany mocą równą 1W, do ciśnienia akustycznego  $2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$ .

Oznaczenia głośników i zestawów głośnikowych stosowanych przez producentów krajowych składają się z części literowej i cyfrowej np. GDN25/40.

W części literowej:

GD – głośnik dynamiczny,

W – wysokotonowy,

N – niskotonowy,

S – szerokopasmowy,

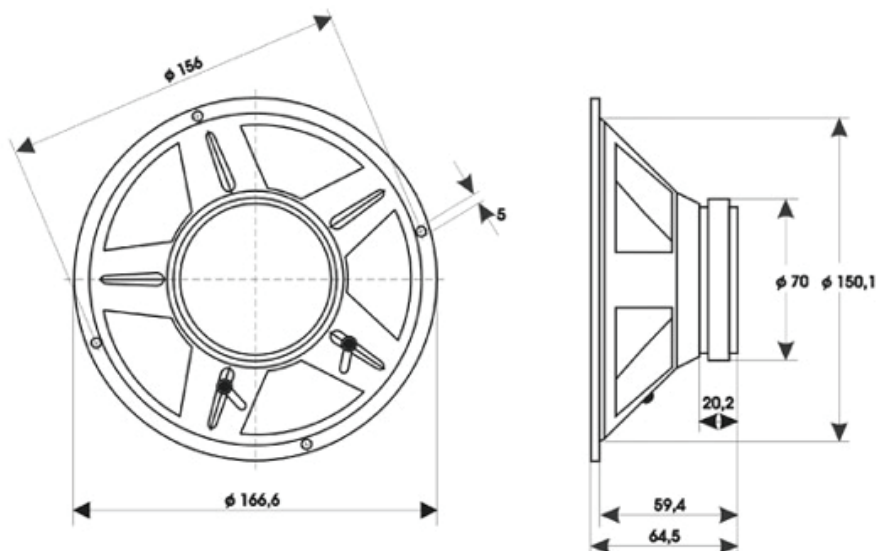
M – średniotonowy,

K – kopułowy,

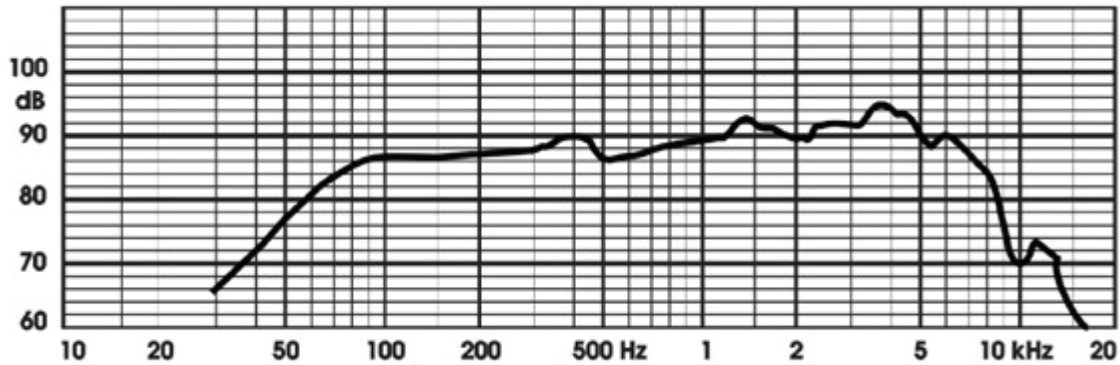
T – tubowy.

W części cyfrowej :

- pierwsza cyfra podaje wymiar średnicy kosza w centymetrach,
- kolejna cyfra podaje moc znamionową,
- ostatnia cyfra podaje wersję lub wykonanie głośnika.



Rys.10. Przykład wymiarów głośnika GD 16/25 [ 7 ]



Rys.11. Charakterystyka głośnika GD 16/25 zdjęte w kabinie bezechowej, 1W/1m. [ 7 ]

Do odtwarzania pełnego pasma częstotliwości, zwłaszcza w górnej części, gdzie wskazane jest przenoszenie do 40 kHz, stosuje się zestawy głośnikowe. Zestaw taki składa się z dwóch, trzech głośników. Luksusowe zestawy mają nawet do 10 głośników.

Na jakość działania zestawu głośnikowego mają wpływ wszystkie elementy tego zestawu tzn.:

- pojedyncze głośniki zastosowane w zestawie,
- elementy współpracujące z głośnikami (filtry, zwrotnice),
- obudowy (typ i jakość wykonania).

#### 4.4.2 Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczenia.

1. Jakie zadanie spełnia wzmacniacz m.cz. w odbiorniku radiowym?
2. Skąd pobierany jest sygnał wejściowy wzmacniacza m.cz.?
3. Jakie podstawowe bloki funkcjonalne posiada wzmacniacz m.cz.?
4. Jakimi podstawowymi parametrami charakteryzuje się wzmacniacz m.cz.?
5. Jakie pasmo przenoszenia powinien posiadać wzmacniacz akustyczny?
6. Jak zdefiniować znamionową moc wzmacniacza akustycznego?
7. Jaka znamionowa impedancję wyjściową posiadają wzmacniacze mocy?
8. Jakie znasz podziały typów głośników?
9. Jaka jest zasada działania głośnika dynamicznego?
10. Z czego składa się zestaw głośnikowy tzw. kolumna?

#### 4.4.3 Ćwiczenia

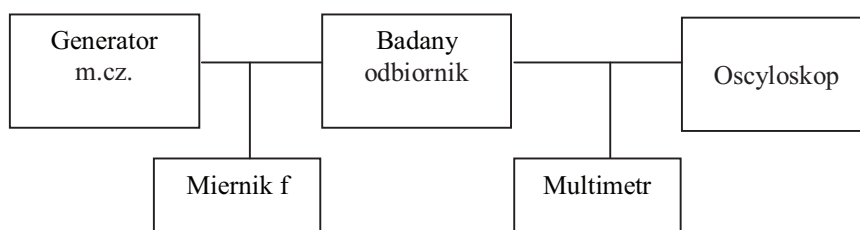
##### Ćwiczenie 1

Badanie pasma przenoszenia wzmacniacza mocy w OR monofonicznym

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować schemat ideowy odbiornika radiowego,
- 2) ustalić punkty podłączenia urządzeń pomiarowych do odbiornika,
- 3) skonsultować z nauczycielem zaproponowany schemat podłączeń,
- 4) zmontować układ do badania odbiornika radiowego,



- 5) na wyjściu wzmacniacza zamiast głośnika użyć obciążenie zastępcze,
- 6) na wyjściu generatora m.cz. ustawić przebieg sinusoidalny o amplitudzie około 300 mV,
- 7) regulator głośności odbiornika ustawić w pozycji środkowej,
- 8) regulatory barwy dźwięku ustawić w pozycji zerowej,
- 9) zdjąć charakterystykę częstotliwościową metodą punktową,
- 10) pomiary zapisać w tabeli pomiarowej,

Tabela pomiarowa z przykładowymi wielkościami pomiarowymi.

L.p.	$f_s$ [Hz]	U[V]	$K_u$ [dB]
1.	10		
2.	15		
3.	30		
4.	100		
5.	500		
6.	1000		
7.	3000		
8.	5000		
9.	10000		
10.	15000		

- 11) obliczyć wzmocnienie  $K_u = 20 \log \frac{U_{wyj}}{U_{wej}} [dB]$  dla poszczególnych pomiarów,
- 12) na podstawie obliczeń i pomiarów wykreślić charakterystykę częstotliwościową  $K_u=f(f)$ ,
- 13) na bazie charakterystyki wyznaczyć częstotliwość graniczną dolną i górną wzmacniacza,
- 14) wykonać wszystkie czynności z należytą starannością, i przy zastosowaniu przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- odbiornik radiowy w postaci makiety z wydzielonymi punktami pomiarowymi,
- instrukcja serwisowa odbiornika radiowego,
- oscyloskop,
- multimetry,
- generator funkcyjny,
- miernik częstotliwości,
- instrukcje obsługi przyrządów pomiarowych,
- obciążenie zastępcze.

## Ćwiczenie 2

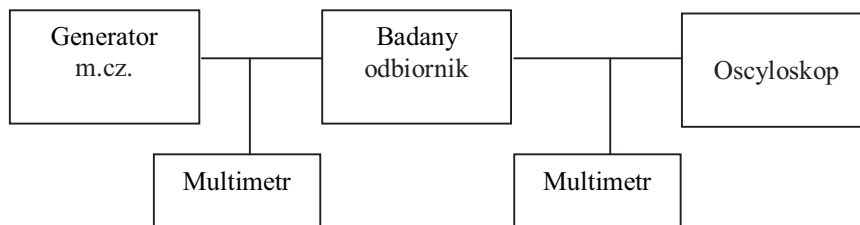
Badanie charakterystyki przejściowej  $U_{wyj.} = f(U_{wej.})$  wzmacniacza mocy OR

Sposób wykonania ćwiczenia



Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować schemat ideowy odbiornika radiowego,
- 2) ustalić punkty podłączenia urządzeń pomiarowych do odbiornika,
- 3) skonsultować z nauczycielem zaproponowany schemat podłączeń,
- 4) zmontować układ do badania odbiornika radiowego,



- 5) na wyjściu wzmacniacza zamiast głośnika użyć obciążenie zastępcze,
- 6) na wyjściu generatora m.cz. ustawić przebieg sinusoidalny o częstotliwości  $f = 1 \text{ kHz}$ ,
- 7) regulator głośności odbiornika ustawić w pozycji maksymalnej,
- 8) regulatory barwy dźwięku ustawić w pozycji zerowej,
- 9) zdjąć charakterystykę przejściową metodą punktową,
- 10) pomiary zapisać w tabeli pomiarowej,

Tabela pomiarowa z przykładowymi wielkościami pomiarowymi.

L.p.	$U_{we}$ [mV]	$U_{wy}$ [V]	$K_u$ [dB]
1.	5		
2.	10		
3.	30		
4.	50		
5.	80		
6.	100		
7.	130		
8.	160		
9.	200		
10.	250		

Uwaga: napięcie wejściowe zwiększamy do momentu wystąpienia zniekształceń sinusoidy widocznej na oscyloskopie.

- 11) obliczyć wzmocnienie  $K_u = 20 \log \frac{U_{wy}}{U_{we}} [dB]$  dla poszczególnych pomiarów,
- 12) na podstawie obliczeń i pomiarów wykreślić charakterystykę przejściową  $U_{wy} = f(U_{we})$ ,
- 13) wykonać wszystkie czynności z należytą starannością, i przy zastosowaniu przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- odbiornik radiowy w postaci makiety z wydzielonymi punktami pomiarowymi,
- instrukcja serwisowa odbiornika radiowego,
- oscyloskop,
- multimetry,
- generator m.cz.,
- miernik częstotliwości,
- instrukcje obsługi przyrządów pomiarowych,
- obciążenie zastępcze.

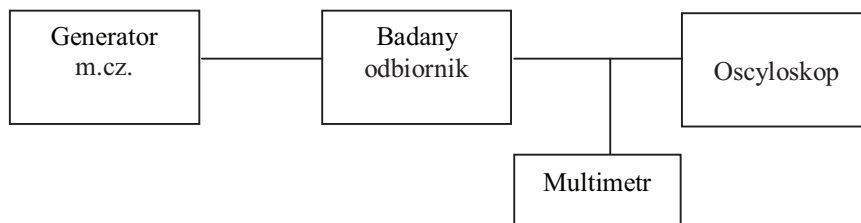
### Ćwiczenie 3

Pomiar mocy znamionowej wzmacniacza m.cz. odbiornika radiowego

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować schemat ideowy odbiornika radiowego,
- 2) ustalić punkty podłączenie urządzeń pomiarowych do odbiornika,
- 3) skonsultować z nauczycielem zaproponowany schemat podłączeń,
- 4) zmontować układ do badania odbiornika radiowego,



- 5) na wyjście wzmacniacza podłączyć głośnik lub kolumnę o impedancji znamionowej zgodnej z impedancją wyjściową wzmacniacza,
  - 6) na wyjściu generatora m.cz. ustawić przebieg sinusoidalny o częstotliwości  $f = 1 \text{ kHz}$ ,
  - 7) regulator głośności odbiornika ustawić w pozycji maksymalnej,
  - 8) regulatory barwy dźwięku ustawić w pozycji zerowej,
  - 9) regulując amplitudę wyjściową z generatora obserwować kształt sinusoidy na oscyloskopie,
  - 10) dokonać pomiaru napięcia wyjściowego, gdy kształt sinusoidy zacznie się zniekształcać,
  - 11) obliczyć moc na podstawie zależności  $P = U^2/Z$  gdzie:
    - $P$  moc znamionowa,
    - $U$  napięcie wyjściowe zmierzone na impedancji obciążenia,
    - $Z$  impedancja znamionowa obciążenia.
  - 12) wykonać ten sam pomiar dla różnych impedancji obciążenia przy tym samym napięciu wyjściowym z generatora,
- Uwaga: obniżenie wartości impedancji może spowodować uszkodzenie wzmacniacza,
- 13) zapisać wyniki pomiarów i przeprowadzić analizę wpływu wartości obciążenia na moc znamionową wzmacniacza.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- odbiornik radiowy w postaci makiety z wydzielonymi punktami pomiarowymi,
- instrukcja serwisowa odbiornika radiowego,
- oscyloskop,
- multimetr,
- generator funkcyjny,
- miernik częstotliwości,
- instrukcje obsługi przyrządów pomiarowych,
- obciążenie zastępcze.

#### 4.4.4 Sprawdzian postępów

<b>Czy potrafisz:</b>	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) określić podstawowe zadanie wzmacniacza m.cz.?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) opisać podstawowe parametry wzmacniacz m.cz.?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) obliczyć wzmocnienie wzmacniacza m.cz.?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) określić moc znamionową wzmacniacza m.cz.?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) określić pasmo przenoszenia wzmacniacza akustycznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) wyjaśnić rolę poszczególnych bloków wzmacniacza?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) uzasadnić potrzebę dopasowania obciążenia do impedancji wyjściowej?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) opisać zasadę działania głośnika dynamicznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) rozpoznać typy głośników po oznaczeniach fabrycznych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10) wyjaśnić zasadę budowy zestawów głośnikowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 4.5 System RDS

### 4.5.1 Materiał nauczania

#### Wiadomości ogólne

Radio Data System (RDS) jest to podnośna modulowana informacją cyfrową, a następnie dołożona do konwencjonalnej emisji UKF FM, pozwalająca na wydzielanie tego strumienia danych przez odpowiednio przystosowane odbiorniki radiowe. W sygnale stacji radiowej UKF nadawana jest na podnośnej 57 kHz informacja, w której zakodowany jest szereg dodatkowych danych.

System RDS został zatwierdzony przez Międzynarodowy Komitet Radiokomunikacyjny (CCIR) w roku 1982; początek nadawania z systemem RDS datuje się przed końcem lat osiemdziesiątych.

#### Funkcje RDS

Do najważniejszych funkcji RDS zalicza się:

- PS; wyświetlenie nazwy stacji nadawczej (Programme Service),
- PTY; informacja o charakterze programu (Programme Type),
- PI; kod identyfikacyjny stacji (Programme Identification),
- RT; dowolny tekst (Radio Test),
- CT; aktualny czas i data (Clock Time),
- TP/TA; informacje dla kierowców (Traffic Programme/Traffic Announcement),
- AF; lista alternatywnych częstotliwości (Alternative Frequencies),
- EON; informacje o programach innych stacji (Enhanced Other Networks).

PS - to tekst składający się z maksimum ośmiu znaków zawierający nazwę stacji. Jest on wyświetlany w każdym odbiorniku wyposażonym w funkcję RDS.

PTY - każda stacja przyporządkowuje swojemu programowi jeden z dwudziestu ośmiu dostępnych kodów - typów programów. Informacja PTY może być statyczna, raz przyporządkowana do charakteru programu lub dynamiczna, zmieniająca się wraz ze zmianą charakteru audycji.

PI - jest to czterocyfrowy kod, przypisany do stacji radiowej. Każda z cyfr w kodzie pełni swoją rolę - pierwsza jest identyfikacją kraju z którego nadawany jest program (Polska 3), druga mówi o zasięgu (0 - program lokalny). Pozostałe dwie kodują informację o publiczności/prywatności nadawcy i numer programu. Na podstawie kodu PI odbiornik identyfikuje stację i dzięki funkcji AF automatycznie przełączy się na nową częstotliwość, gwarantując ciągłość słuchania programu. Kod PI należy do najczęściej nadawanych w sygnale RDS - jest powtarzany co najmniej 11 razy na sekundę. Częste powtarzanie i teoretyczna niepowtarzalność kodu sprawia, że doskonale nadaje się on do identyfikacji odebranych stacji, nawet gdy sygnał jest za słaby do odczytania nazwy stacji.

RT - może zawierać dowolne informacje pochodzące od nadawcy - takie jak tytuł audycji, nazwisko prowadzącego, wykonawca i tytuł utworu prezentowanego na antenie, adres i telefon stacji.

CT - przesyłanie aktualnej godziny i daty.

TP/TA – TP to informowanie przez stację słuchacza czy w jej programie znajdują się audycje dla kierowców. TA natomiast jest wysyłany przez stację w trakcie nadawania informacji

drogowych. Dzięki temu odbiornik może się na czas trwania komunikatów o korkach i objazdach przełączyć ze słuchania kasyety magnetofonowej lub płyty CD na radio.

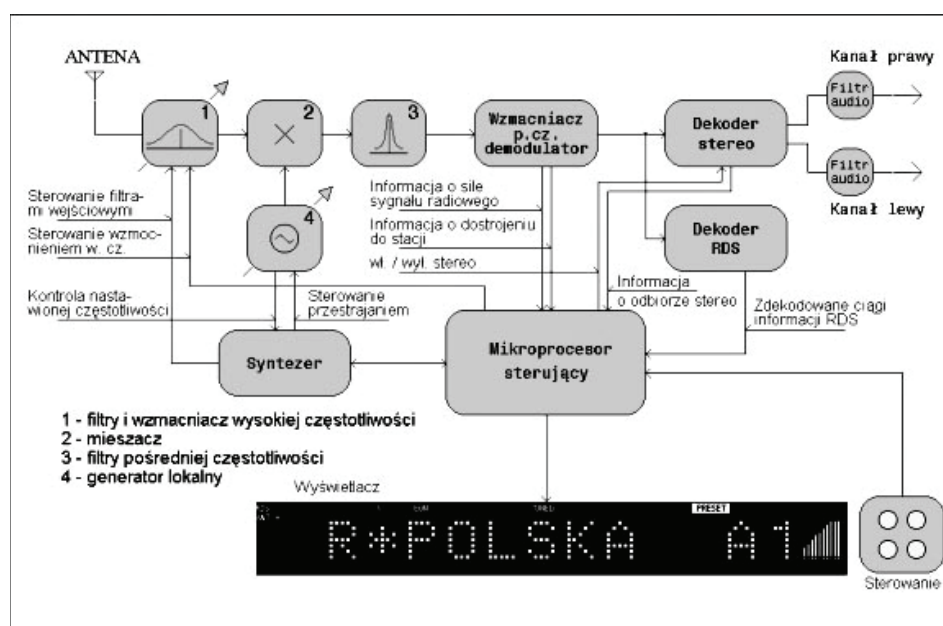
AF - lista alternatywnych częstotliwości, na których nadaje stacja, dzięki której odbiornik może przełączyć się między nadajnikami wykorzystując funkcję PI.

EON – przełączanie się między stacjami na życzenie użytkownika.

Tabela 2. Dostępne typy programów [ 6 ]

PTY	Typ programu	PTY	Typ programu
NEWS	Wiadomości	OTHER M	Inna muzyka
AFFAIRS	Wydarzenia	WEATHER	Pogoda
INFO	Bieżące wydarzenia	FINANCE	Finanse
SPORT	Sport	CHILDREN	Dla dzieci
EDUCATE	Edukacja	SOCIAL A	Sprawy społeczne
DRAMA	Teatr	RELIGION	Religia
CULTURE	Kultura	PHONE IN	Forum telefoniczne
SCIENCE	Nauka	TRAVEL	Podróże
VARIED	Rozmaitości	HOBBY / LEISURE	Zainteresowania i hobby
POP M	Muzyka pop	JAZZ	Muzyka jazzowa
ROCK M	Muzyka rock	COUNTRY	Muzyka country
M,O,R,M / EASY M	Muzyka lekka	NATION M	Muzyka krajowa
LIGHT M	Lekka muzyka klasyczna	OLDIES	Stare przeboje
CLASSIC	Muzyka klasyczna	FOLK	Muzyka folkowa

Obecnie, prawie wszystkie odbiorniki radiowego odbierające zakres UKF wyposażone są w dekoder RDS. Od jakości dekodera zależy, które funkcje RDS będą dostępne w danym odbiorniku.



Rys.12. Schemat blokowy odbiornika z dekodern RDS [ 6 ]

Kompleksowy sygnał foniczny po demodulatorze trafia do stereodekodera oraz dekodera RDS. W przypadku, gdy nadawany sygnał radiowy zawiera informację cyfrową umieszczoną na podnośnej 57 kHz, uruchamia się dekodery RDS, rozkodowuje go i przekazuje do mikroprocesora sterującego. Po przetworzeniu danych, mikroprocesor umożliwia wykorzystanie poszczególnych funkcji w zależności od potrzeb użytkownika oraz steruje pracą wyświetlacza.

#### 4.5.2 Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Co oznacza pojęcie RDS?
2. Jakie są podstawowe zalety radioodbiornika z RDS?
3. Co oznacza funkcja PTY?
4. Co oznacza funkcja PI?
5. Co oznacza funkcja RT?
6. Jaką funkcję wprowadzono na potrzeby kierowców?
7. Na jakim zakresie fal radiowych działa RDS?

#### 4.5.3 Ćwiczenia

##### Ćwiczenie 1

Badanie funkcji PS i PTY dekodera RDS.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się dokładnie z instrukcją obsługi odbiornika radiowego,
- 2) zanotować funkcje RDS dostępne dla danego odbiornika radiowego,
- 3) podłączyć antenę do odbiornika,
- 4) po uzyskaniu zgody od nauczyciela podłączyć odbiornik do zasilania,
- 5) zaprogramować odbiornik dla wszystkich dostępnych stacji UKF,
- 6) wyselekcjonować stacje, które nadają system RDS,
- 7) przeczytać informacje na wyświetlaczu odbiornika na poszczególnych stacjach,
- 8) zapisać spostrzeżenia, co do rodzaju informacji nadawanych przez stacje,
- 9) pogrupować stacje w zależności od typów programów wykorzystując PTY,
- 10) wykonać wszystkie czynności z należytą starannością i przy zastosowaniu przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- odbiornik radiowy z dekodery RDS,
- instrukcja serwisowa odbiornika radiowego,
- antena odbiorcza UKF,
- wykaz stacji nadawczych w danym obszarze odbioru UKF.

##### Ćwiczenie 2

Badanie funkcji TP/TA w odbiorniku samochodowym z RDS.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się dokładnie z instrukcją obsługi odbiornika radiowego,
- 2) zanotować funkcje RDS dostępne dla danego odbiornika radiowego,
- 3) po uzyskaniu zgody od nauczyciela podłączyć odbiornik do zasilania,
- 4) zaprogramować odbiornik dla wszystkich dostępnych stacji UKF,
- 5) wyselekcjonować stacje, które nadają system RDS z funkcją TP,
- 6) zaprogramować odbiornik na automatyczne przełączenie się do odbioru informacji dla kierowców,
- 7) przełączyć odbiornik na odtwarzacz CD,
- 8) przeanalizować przełączanie się odbiornika w zależności od nadawania informacji,
- 9) zanotować spostrzeżenia i wyciągnąć wnioski,
- 10) wykonać wszystkie czynności z należytą starannością, i przy zastosowaniu przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- odbiornik radiowy samochodowy z dekoderem RDS i odtwarzaczem CD,
- instrukcja serwisowa odbiornika radiowego,
- zasilacz 12 V,
- antena odbiorcza UKF,
- wykaz stacji nadawczych w danym obszarze odbioru UKF.

#### 4.5.4 Sprawdzian postępów

**Czy potrafisz:**

	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) wyjaśnić podstawowe funkcje systemu RDS?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) opisać funkcję PI?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) opisać rolę alternatywnej listy częstotliwości AF?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) wyszukać stacje nadające informacje dla kierowców TP?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) opisać funkcję EON?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) wyjaśnić, która funkcja pokazuje na wyświetlaczu nazwy utworów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) zaprogramować różne funkcje RDS?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



## 4.6 Radiofonia systemu DSR i DAB

### 4.6.1 Materiał nauczania

Są to systemy radiofonii cyfrowej, pierwszy z związanych jest z transmisją satelitarną (Digital Satellite Radio), drugi z transmisją naziemną (Digital Audio Broadcasting).

#### System DSR

System ten polega na przesyłaniu paczki programów radiowych drogą satelitarną. Nadawanie w tym systemie przez dwa satelity niemieckie trwało dosyć krótko i w roku 1999 system ten przestał istnieć. W jego miejsce wprowadzono system ADR (Astra Digital Radio), który zaczął funkcjonować kilka lat temu. Do odbioru programów ADR niezbędny był odbiornik ADR, który można było łatwo podłączyć do odbiornika satelitarnego, zarówno analogowego, jak i cyfrowego.

Obecnie radio cyfrowe nadawane z satelity jest oparte na kompresji MPEG-2 z ograniczonym pasmem do 16 kHz. Sygnały radiowe można odebrać dowolnymi tunerami cyfrowymi do odbioru telewizji satelitarnej.

#### System DAB

Jest to system, który miał zastąpić radiofonie UKF. DAB oferuje wiele kanałów na jednej częstotliwości dzięki technice multiplexu. Stacje takie mogą operować zarówno w pasmach VHF, jak i UKF. Od 1995 roku najbardziej rozpowszechniony został standard Eureka 147 dla systemu DAB. Jego trzy główne elementy to:

- MUSICAM Audio Coding – kodowanie sygnału audio,
- kodowanie transmisji i multiplexer transmisji,
- modulacja COFDM.

Właściwości i zalety systemu DAB:

- wysokiej jakości cyfrowa fonia,
- możliwość stosowania odbiorników stacjonarnych, przenośnych i samochodowych,
- jednakowe warunki odbioru na całym obsługiwanym obszarze,
- prosta, bezkierunkowa antena odbiorcza,
- duża odporność na zjawiska związane z wielogłogowością,
- możliwość dołączenia komputera do odbioru danych,
- możliwość transmisji dodatkowych sygnałów danych, zdjęć, grafiki,
- możliwość nadawania programów stereofonicznych wielokanałowych,
- nadawanie informacji o programie,
- zastosowanie dostępu warunkowego.

Podsumowując: system DAB jest nie tylko standardem radiowym, ale systemem transmisji danych o bardzo dużej prędkości sięgającej 1,8 Mb/s. Dzięki temu systemowi można przesłać oprócz programów radiowych, teksty, obrazy, różne dodatkowe informacje i wykorzystać go w nawigacji satelitarnej GPS.

Niestety, mimo upływających lat system ten funkcjonuje dopiero w kilku krajach, i to w ograniczonym zasięgu. W Polsce w formie eksperymentalnej sygnał z nadajnika umieszczonego w Warszawie nadaje 5 programów Polskiego Radia.

## 4.6.2 Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Co oznacza skrót DSR i DAB?
2. Jakie cechy wspólne mają systemy DSR i DAB?
3. W jakim systemie odbieramy obecnie programy radiowe z satelity?
4. Jakie odbiorniki mogą odebrać programy radiowe z satelity?
5. Jakie są główne założenia systemu DAB?
6. Jakie zalety i właściwości ma system DAB?
7. Gdzie można w Polsce odebrać programy radiowe w systemie DAB?
8. Jaki odbiornik może odebrać programy w systemie DAB?

## 4.6.3 Ćwiczenia

### Ćwiczenie 1

Programowanie odbiornika satelitarnego do odbioru programów radiowych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się dokładnie z instrukcją obsługi tunera cyfrowego,
- 2) zorganizować stanowisko do wykonania ćwiczenia,
- 3) wykonać wszystkie niezbędne połączenia: tuner-antena, tuner-telewizor, tuner-wzmacniacz akustyczny,
- 4) zapoznać się z aktualną listą emitowanych programów radiowych przez danego satelitę (najlepiej do tego celu wykorzystać dane podawane na stronie [www.satcodx.com](http://www.satcodx.com)),
- 5) po uzyskaniu zgody od nauczyciela uruchomić odbiornik telewizyjny i tuner satelitarny,
- 6) wywołać menu programowe tunera,
- 7) w zależności od typu odbiornika, przeprowadzić programowanie zgodnie z instrukcją obsługi,

Uwaga. W tunerach cyfrowych przeszukiwanie programów nie spowoduje skasowania już istniejących, a dopisanie nowych do końca listy.

- 8) uporządkować nowe programy na listach,
- 9) zanotować spostrzeżenia i uwagi,
- 10) przeprowadzić wyszukiwanie programów radiowych dla satelitów Astra i HotBird.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- antena satelitarna obrotowa lub z drugim konwerterem,
- tuner satelitarny cyfrowy FTA,
- instrukcja obsługi tunera cyfrowego,
- odbiornik telewizyjny,
- wzmacniacz akustyczny,
- kolumny głośnikowe,
- wykaz programów cyfrowych radiowych wraz z ich parametrami lub dostęp do Internetu.

### Ćwiczenie 2

Programowanie odbiornika radiowego samochodowego z systemem DAB.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zapoznać się dokładnie z instrukcją obsługi odbiornika radiowego,
- 2) zorganizować stanowisko do wykonania ćwiczenia,
- 3) wykonać wszystkie niezbędne połączenia: odbiornik-antena, odbiornik-zasilacz, odbiornik-głośnik,
- 4) zapoznać się z aktualną listą emitowanych programów radiowych w systemie DAB na danym obszarze,
- 5) po uzyskaniu zgody od nauczyciela podłączyć odbiornik do zasilania,
- 6) zaprogramować odbiornik dla wszystkich dostępnych stacji,
- 7) przeczytać informacje na wyświetlaczu odbiornika na poszczególnych stacjach,
- 8) zapisać spostrzeżenia, co do rodzaju informacji nadawanych przez stacje,
- 9) wywołać różne opcje dostępne w systemie DAB,
- 10) wyciągnąć wnioski dotyczące dodatkowych informacji udostępnionych w systemie DAB,
- 11) wykonać wszystkie czynności z należytą starannością, i przy zastosowaniu przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- odbiornik radiowy z systemem DAB,
- instrukcja obsługi odbiornika radiowego,
- wykaz programów radiowych w systemie DAB na danym obszarze.

#### 4.6.4 Sprawdzian postępów

**Czy potrafisz:**

- |  | <b>Tak</b>               | <b>Nie</b>               |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 1) wyjaśnić podstawowe funkcje systemu DRS?                        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2) wyjaśnić podstawowe funkcje systemu DAB?                        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3) opisać podstawowe zalety systemu DAB?                           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4) zaprogramować tuner satelitarny do odbioru programów radiowych? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5) podłączyć tuner satelitarny do instalacji odbiorczej?           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6) zaprogramować odbiornik radiowy z systemem DAB?                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7) wykorzystać dostępne funkcje i informacje w systemie DAB?       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

## 6. LITERATURA

1. Bogdan T. : Urządzenia radiowe. WSiP, Warszawa 1991
2. Chaciński H. : Odbiorniki radiowe. WSiP, Warszawa 1980
3. Masewicz T. : Radioelektronika dla praktyków. WKiŁ, Warszawa 1986
4. [www.lagoon.freebsd.lublin.pl](http://www.lagoon.freebsd.lublin.pl)
5. [www.radioam.net](http://www.radioam.net)
6. [www.radiopolska.terramail.pl](http://www.radiopolska.terramail.pl)
7. [www.tonsil.com.pl](http://www.tonsil.com.pl)
8. Radioelektronik - miesięcznik dla elektroników
9. Elektronika praktyczna – miesięcznik dla elektroników