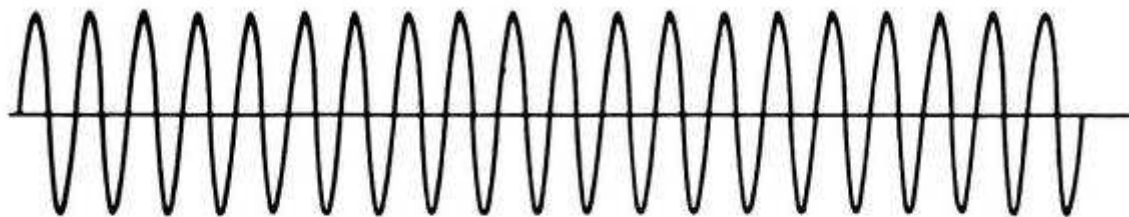
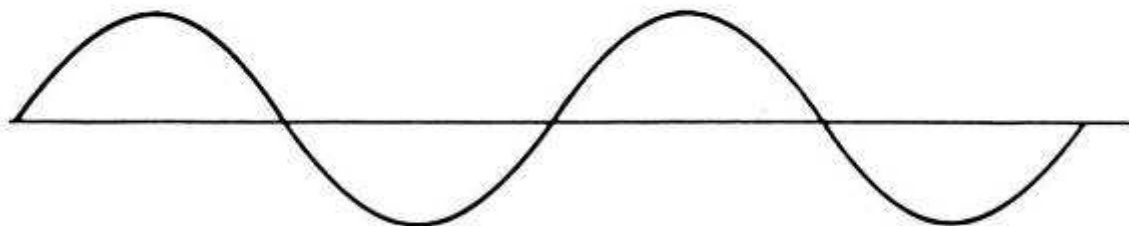


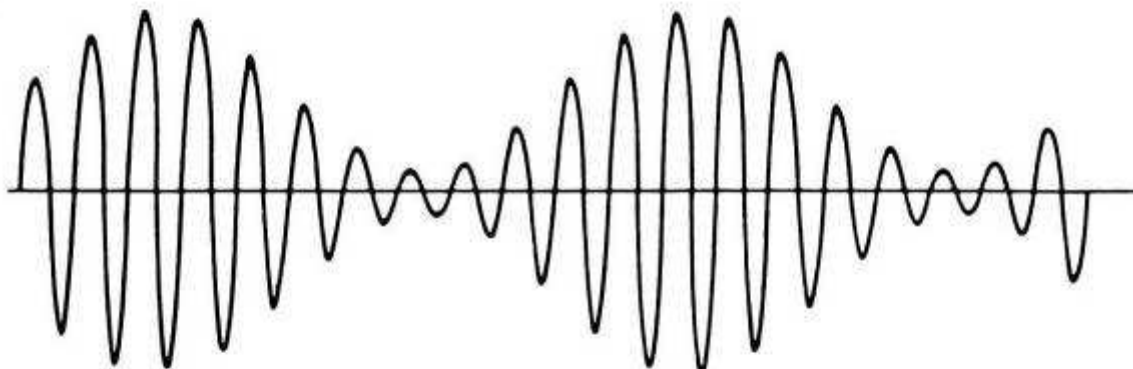
a



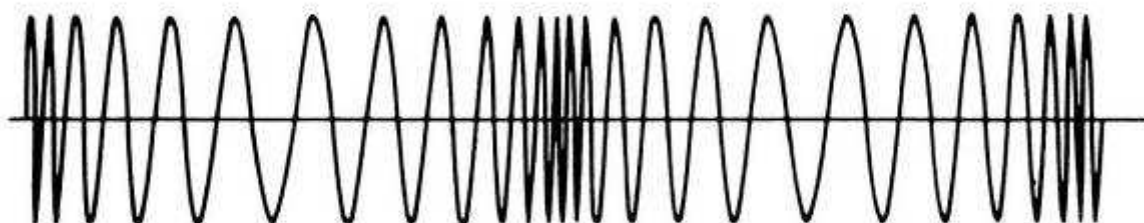
b



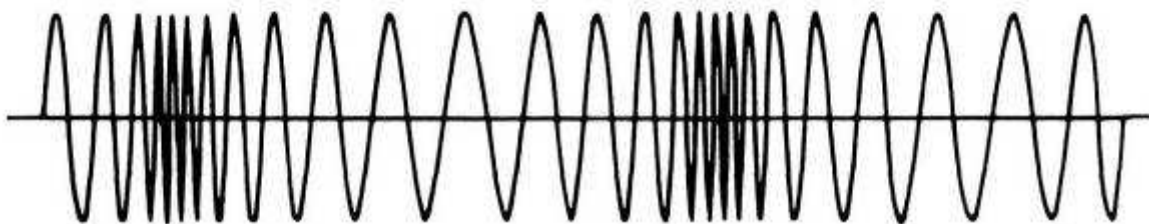
c



d



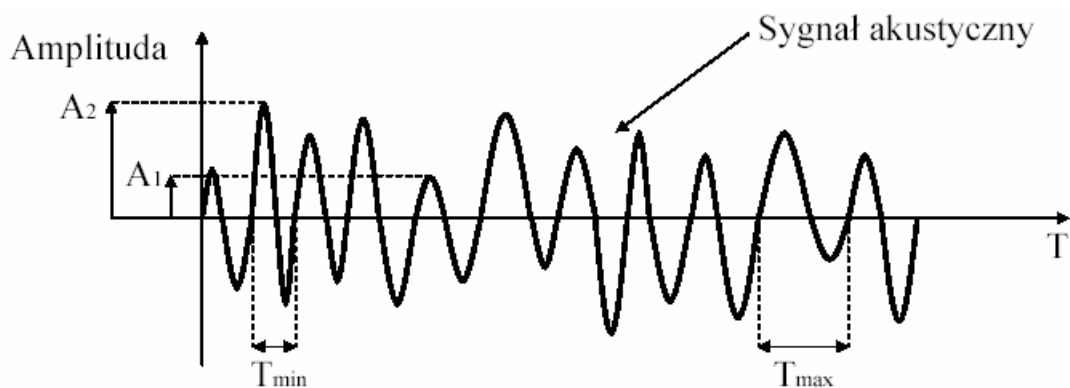
e



Rys. Modulacje analogowe: a – przebieg nośnej, b - przebieg modulujący, c – modulacja amplitudy AM, d – modulacja fazy PM, e – modulacja częstotliwości FM

### 3. Modulacje

#### 3.1. Parametry sygnału

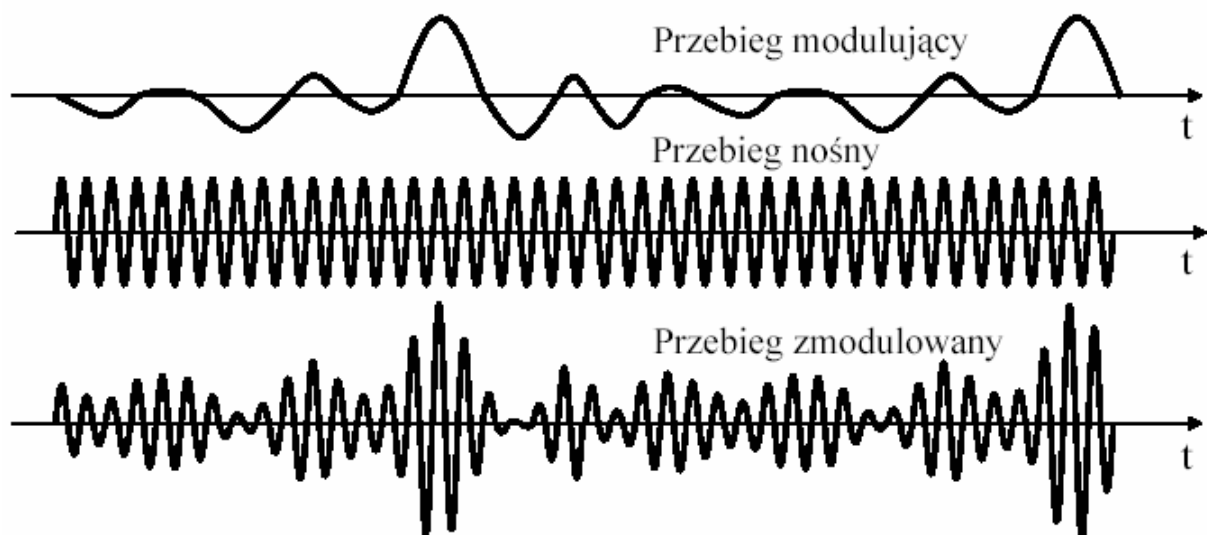


*Dynamika*  $D = \frac{A_2}{A_1}$       *Pasma*  $\Delta f = f_{\max} - f_{\min} \quad [Hz]$

$$f_{\max} = \frac{1}{T_{\min}} \quad f_{\min} = \frac{1}{T_{\max}}$$

Rys. Podstawowe parametry sygnału

#### 3.2. Modulacja amplitudy (AM – Amplitude Modulation)



Rys. Ilustracja modulacji amplitudy

$$x_{AM}(t) = A_C \cdot (1 + m \cdot x_m(t)) \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_C \cdot t)$$

gdzie:

$A_C$  – amplituda nośnej (niemodulowanej)

$f_C$  – częstotliwość nośnej

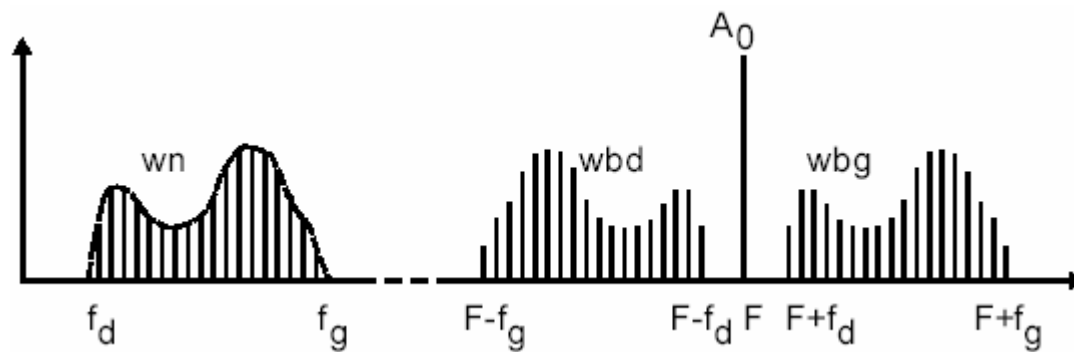
$x_m(t)$  – przebieg modulujący

$m$  – współczynnik głębokości modulacji

### 3.2.1 Głębokość modulacji amplitudy

$$m = \frac{A_m}{A_c} = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{A_{\max} + A_{\min}}$$

### 3.2.2. Widmo modulacji amplitudy

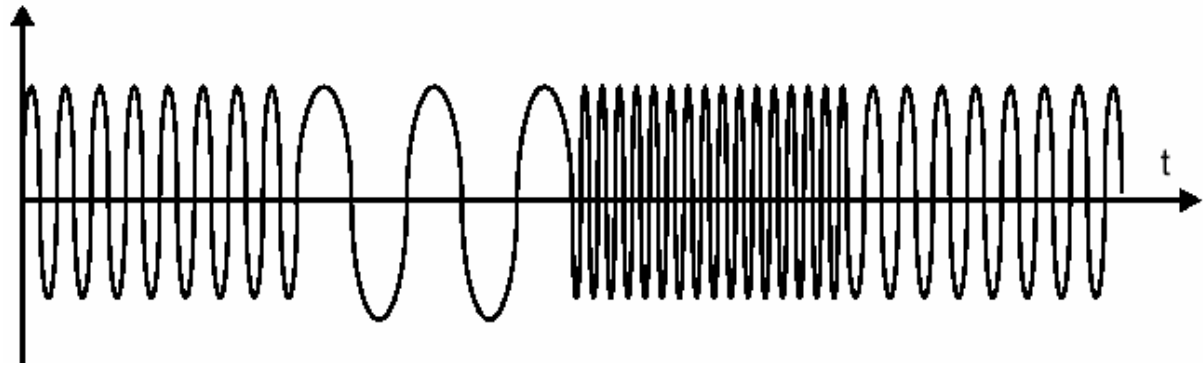


Rys. Widmo modulacji amplitudy

### 3.2.3. Warianty modulacji amplitudy

- Modulacja dwuwstęgowa z nośną (klasyczna AM)  
**DSB** – Double Side Band
- Modulacja dwuwstęgowa bez nośnej  
**DSB-SC** – Double Side Band Suppressed Carrier
- Modulacja jednowstęgowa z wstęgą dolną  
**SSB-L** – Single Side Band - Low
- Modulacja jednowstęgowa z wstęgą górną  
**SSB-H** – Single Side Band - High

### 3.3. Modulacja częstotliwości (FM – Frequency Modulation)



Rys. Ilustracja modulacji częstotliwości

$$x_{FM}(t) = A_C \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot (f_C + \Delta f \cdot x_m(t))t)$$

gdzie:

$A_C$  – amplituda nośnej

$f_C$  – częstotliwość nośnej

$\Delta f$  – dewiacja częstotliwości

$x_m(t)$  – przebieg modulujący

#### 3.3.1. Wskaźnik modulacji częstotliwości

$$\beta = \frac{\Delta f}{f_{mMAX}}$$

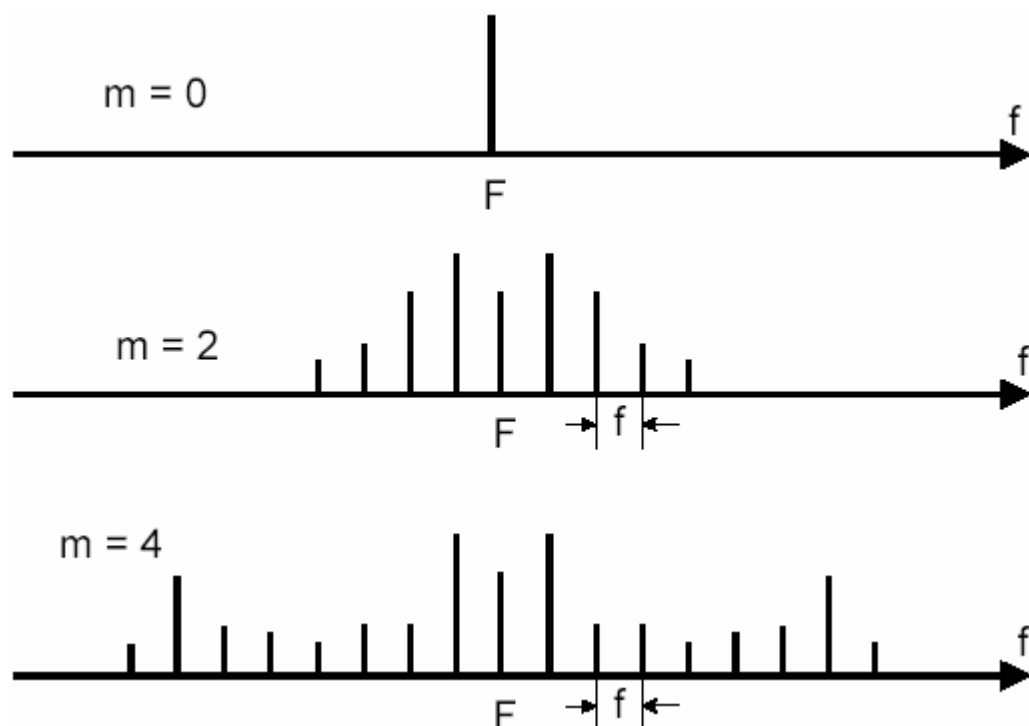
gdzie:

$f_{mMAX}$  – maksymalna częstotliwość przebiegu modulującego

$\beta \leq 1$  – modulacja wąskopasmowa

$\beta > 1$  – modulacja szerokopasmowa

### 3.3.2. Widmo modulacji częstotliwości



Rys. Widmo modulacji częstotliwości dla różnych wskaźników modulacji  $\beta$

### 3.3.3. Szerokość pasma sygnału FM

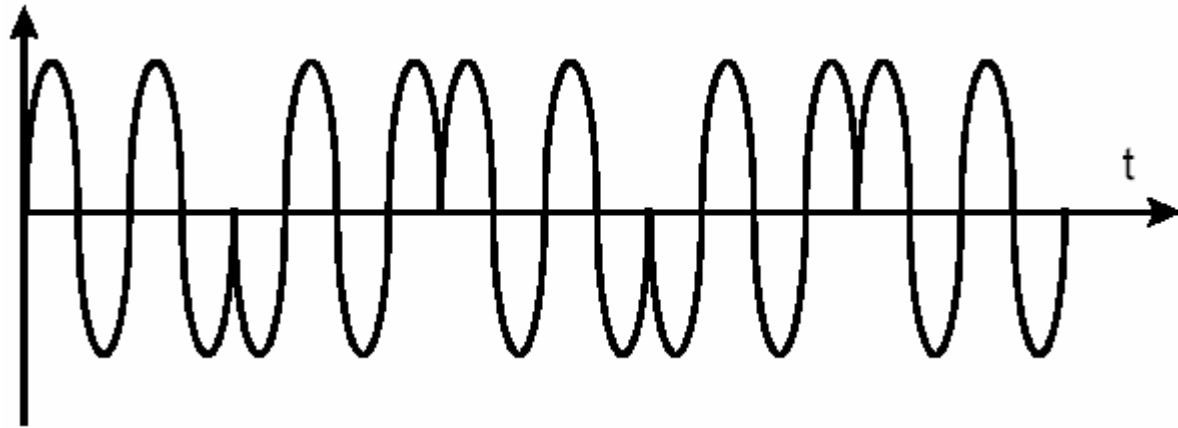
Przybliżony wzór Carsona

$$B = 2 \cdot (\Delta f + f_{mMAX})$$

**Tablica 3.1. LICZBA ISTOTNYCH PRAŻKÓW  
BOCZNYCH SZEROKOPASMOWEGO SYGNAŁU FM  
DLA RÓŻNYCH WSKAŹNIKÓW MODULACJI**

Wskaźnik modulacji $\beta$	Liczba prążków bocznych $2n_{max}$
0,1	2
0,3	4
0,5	4
1,0	6
2,0	8
5,0	16
10,0	28
20,0	50
30,0	70

### 3.4. Modulacja fazy



Rys. Ilustracja modulacji fazy (skokowej o  $\pi$ )

$$x_{PM}(t) = A_c \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_c \cdot t + \Delta\Phi \cdot x_m(t))$$

gdzie:

$A_c$  – amplituda nośnej

$f_c$  – częstotliwość nośnej

$\Delta\Phi$  – dewiacja fazy

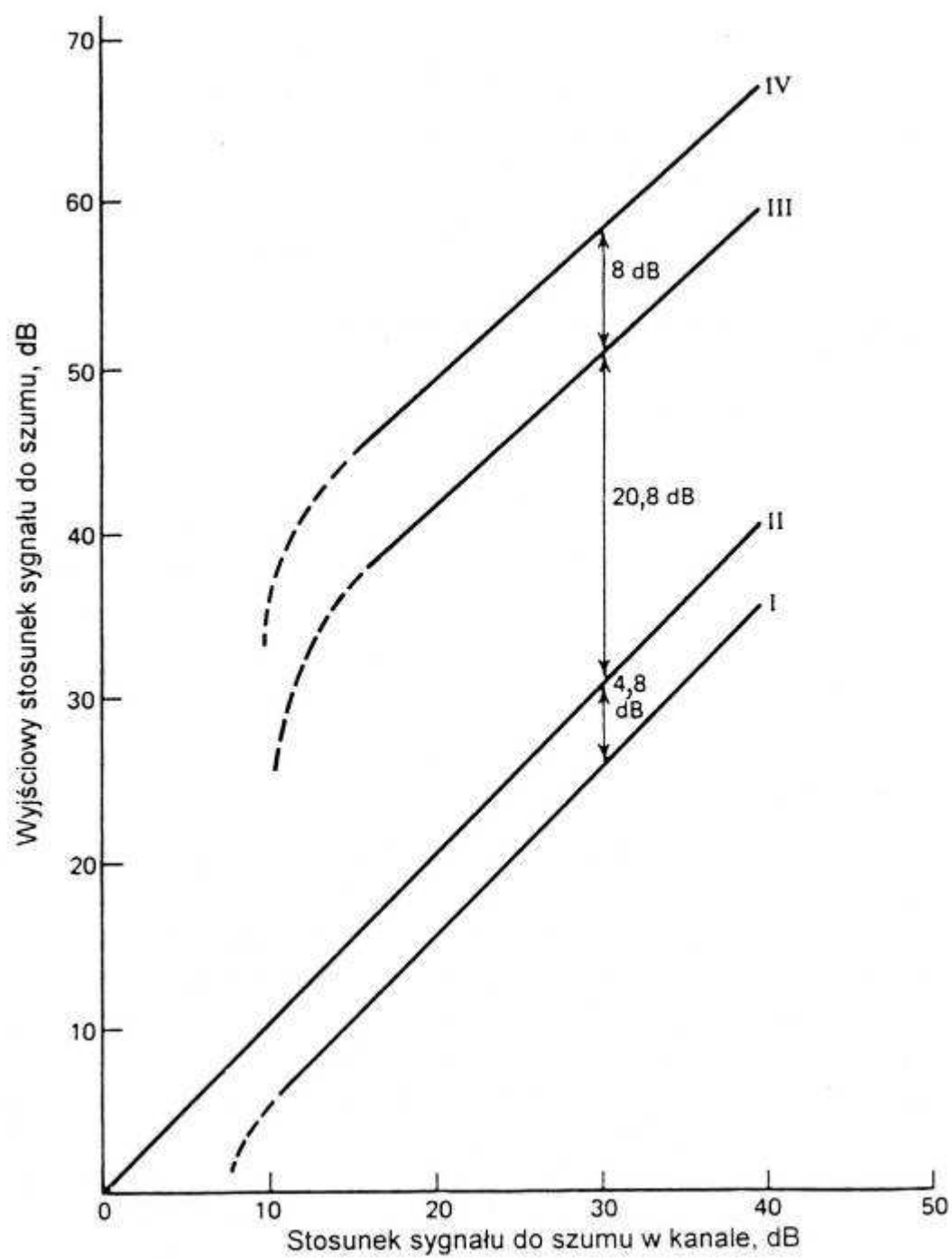
$x_m(t)$  – przebieg modulujący

pamiętajac że:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f \qquad \omega = \frac{d\varphi}{dt} \qquad \varphi = \int \omega(t) dt$$

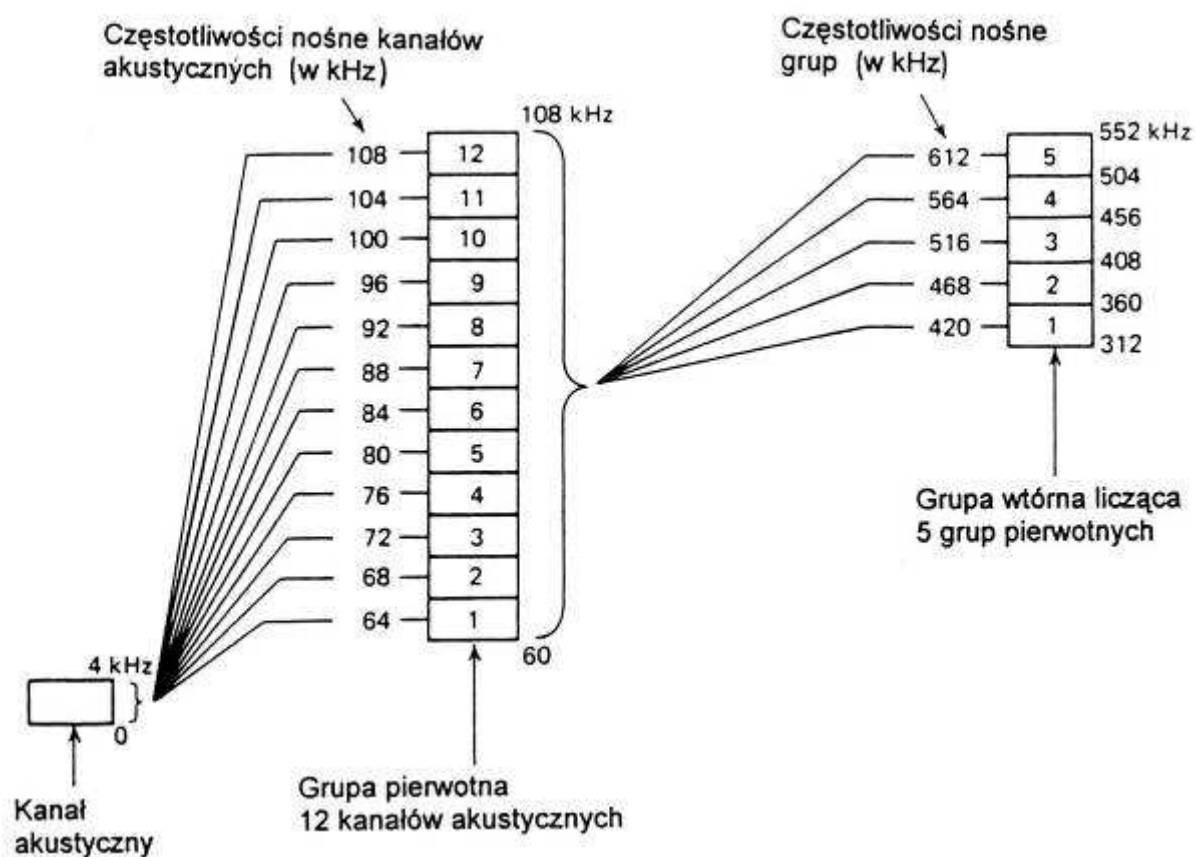
można zauważyć, że analizę modulacji PM można sprowadzić do analizy modulacji FM pochodną przebiegu modulującego.

### 3.5. Jakość różnych modulacji

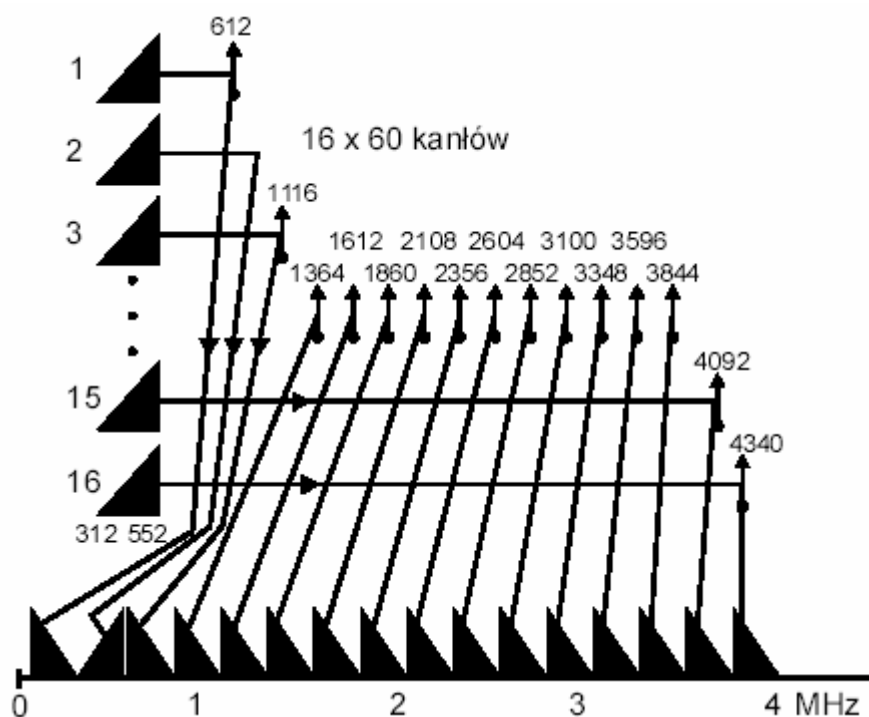


Rys. I – AM – DSB, II – AM – SSB, III – FM, IV – FM z preemfazą

### 3.6. Częstotliwościowe zwielokrotnianie kanałów telefonicznych



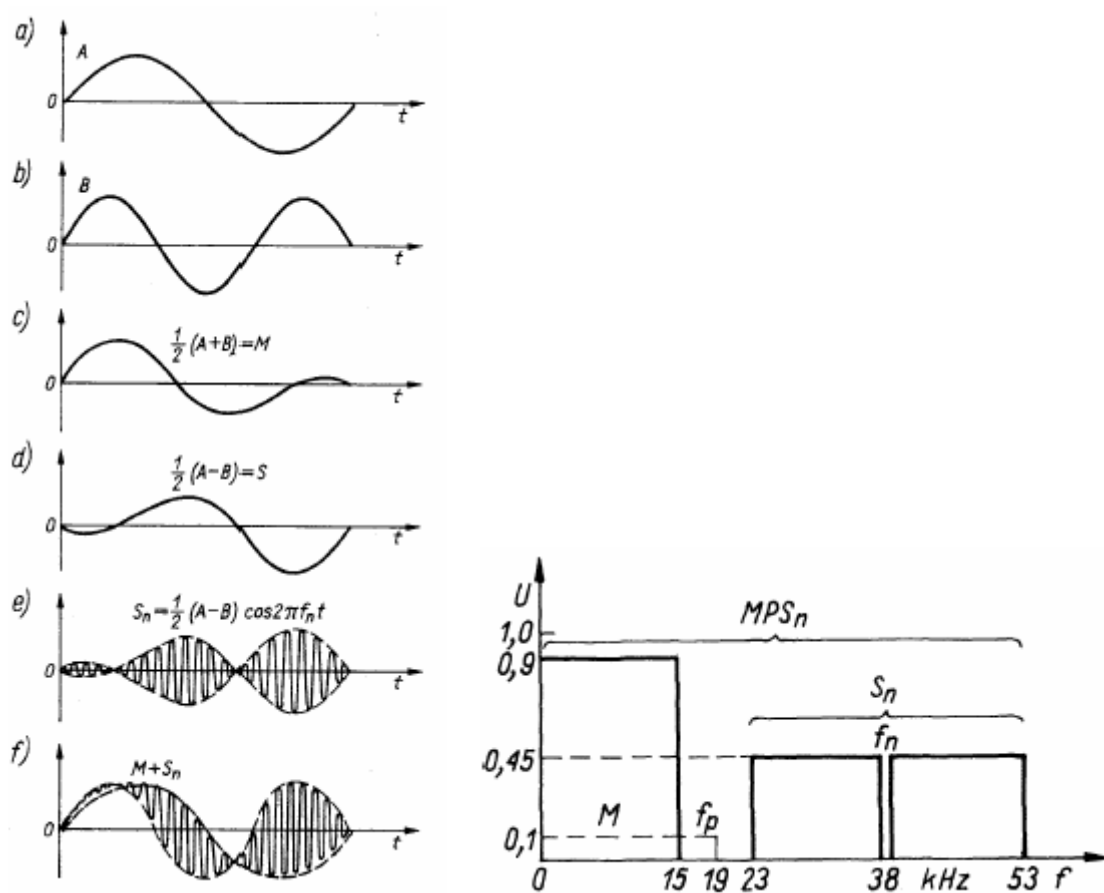
Rys. Zasada częstotliwościowego zwielokrotniania kanałów telefonicznych



Rys. Grupa trójna – zwielokrotnienie 960 kanałów telefonicznych



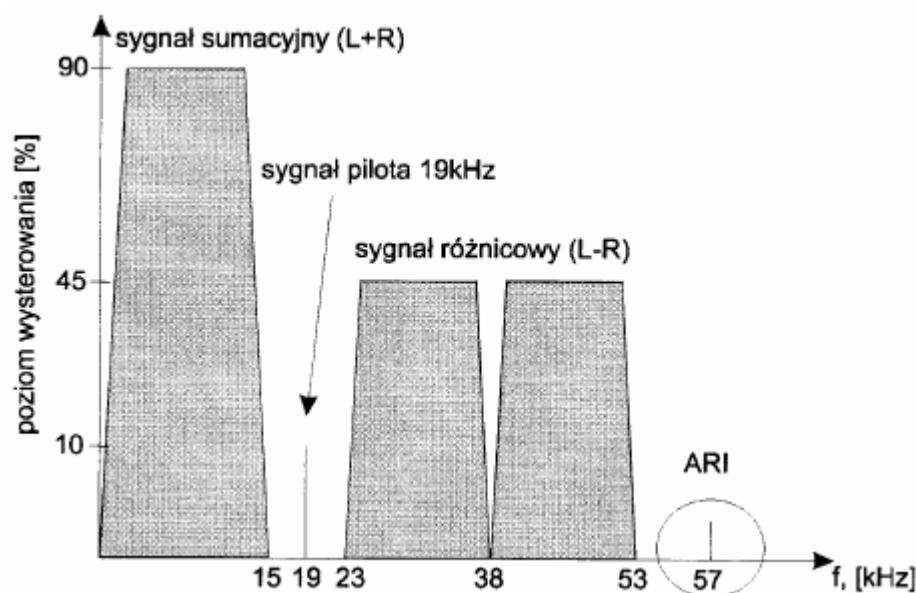
### 3.7. Radiowy sygnał stereofoniczny



Rys. Powstawanie radiowego sygnału stereofonicznego MPX i jego widmo

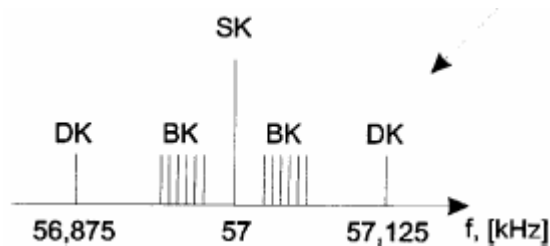
- a) kanał lewy
- b) kanał prawy
- c) połowa sygnału sumacyjnego
- d) połowa sygnału różnicowego
- e) sygnał różnicy przesunięty o 38 kHz
- f) sygnał MPX bez sygnału pilota 19 kHz

### 3.7. ARI i RDS



Rys. Widmo sygnału MPX wraz z nośną RDS

**ARI** Radiowy system informacji dla kierowców został opracowany w Niemczech w roku 1974.



Rys. Widmo sygnału ARI

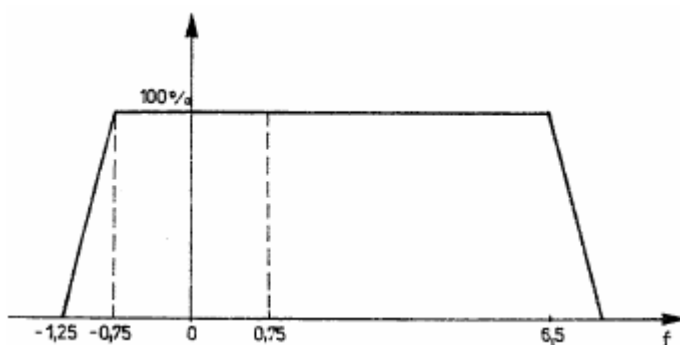
Sygnał SK jest nadawany bez przerwy przez radiostację nadającą komunikaty radiowe dla kierowców i może być wykorzystany do precyzyjnego dostrojenia do danej radiostacji.

Sygnał DK jest o częstotliwości 125Hz i moduluje sygnał SK w amplitudzie (DSB,  $m=0.3$ ). Jest on nadawany w momentach emisji komunikatów dla kierowców.

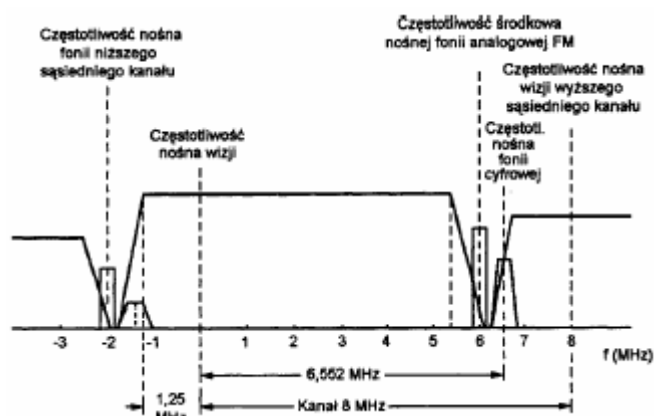
Sygnał BK (sygnał identyfikacji strefowej) moduluje w amplitudzie sygnał SK (DSB,  $m=0.6$ ). Jego częstotliwość jest związana z obszarem dla którego są przeznaczone komunikaty. Częstotliwość sygnału BK może przyjmować następujące wartości: 23.75Hz, 28.27Hz, 34.93Hz, 39.58Hz, 45.67Hz lub 53.98Hz.

**System RDS** został opracowany pod koniec lat siedemdziesiątych. Informacją w postaci cyfrowej moduluje się dwustanowo fazę sygnału o częstotliwości 1187,5Hz (modulacja PSK). Tak otrzymanym sygnałem moduluje się amplitudę podnośnej 57kHz a następnie wytłumia się falę podnośną (modulacja DSB-SC). Maksymalna szybkość transmisji wynosi 731 bit/s.

### 3.8. Telewizja



Rys. Widmo sygnału telewizyjnego



Rys. Widmo sygnału wizji i fonii wraz z sygnałem NICAM

Podstawowe parametry sygnału telewizyjnego

1. format obrazu 4:3
2. liczba linii obrazu 625
3. liczba obrazów 25/sek
4. częstotliwość nośnej koloru PAL 4,43 MHz
5. częstotliwość nośnej fonii FM 6,5 MHz (PL) (5,5 DE, 6.0 I)
6. częstotliwość nośnej NICAM 6,552 MHz (I) 5,85 MHz(EU)