

## 4. Szumy w układach elektronicznych

### 4.1. Rodzaje szumów

- biały
- różowy
- śrutowy

### 4.2. Szum termiczny

Szum termiczny ma charakter szumu białego.

Moc termicznego szumu na zwartych zaciskach oporu:

$$P_N = 4 \cdot k \cdot T \cdot B$$

gdzie:

k – stała Boltzmanna  $1,38 \cdot 10^{-23}$  [W/K·Hz]

T – temperatura [K]

B – szerokość pasma [Hz]

Moc szumu na wejściu odbiornika dopasowanego  $R_o=R_i$

$$P_N = k \cdot T \cdot B$$

### 4.3. Skuteczna temperatura szumów układu

$$T_e = \frac{P_N}{G \cdot k \cdot B}$$

gdzie:

$P_N$  – moc szumów wnoszona przez układ [W]

G – wzmacnienie mocy układu

T – temperatura [K]

B – szerokość pasma [Hz]

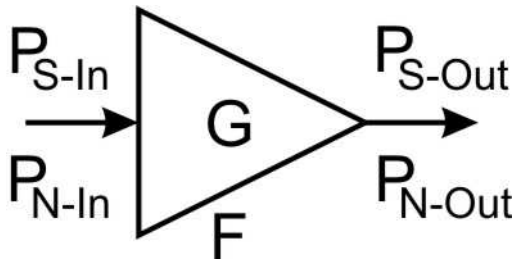
Skuteczna temperatura szumów jest związana ze współczynnikiem szumów zależnością:

$$T_e = T_0 \cdot (F - 1)$$

gdzie:

$T_0$  – temperatura odniesienia – zwykle 290 [K]

#### 4.4. Współczynnik szumów układu



Rys. Wzmacniacz

$P_{S-In}$  - moc sygnału na wejściu

$P_{N-In}$  - moc szumu na wejściu

$P_{S-Out}$  - moc sygnału na wyjściu

$P_{N-Out}$  - moc szumu na wyjściu

$$G = \frac{P_{S-Out}}{P_{S-In}} \quad \text{- wzmacnienie układu (Gain)}$$

$$F = \frac{SNR_{we}}{SNR_{wy}} \quad \text{- współczynnik szumów układu (Noise Factor)}$$

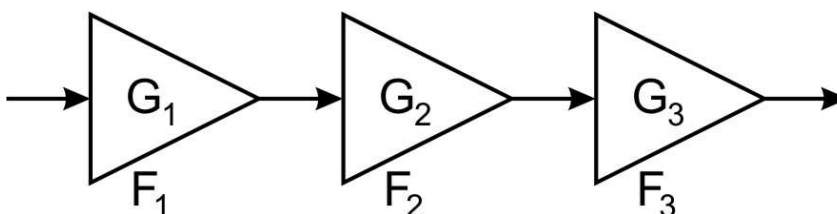
$$SNR = \frac{P_S}{P_N} \quad \text{- stosunek sygnału do szumu (Signal to Noise Ratio)}$$

Uwzględniając powyższe zależności współczynnik szumów można interpretować jako dodatkowe wzmacnienie szumów.

$$P_{S-Out} = G \cdot P_{S-In}$$

$$P_{N-Out} = F \cdot G \cdot P_{N-In}$$

#### 4.5. Współczynnik szumów układu kaskadowego (wzór Frii)



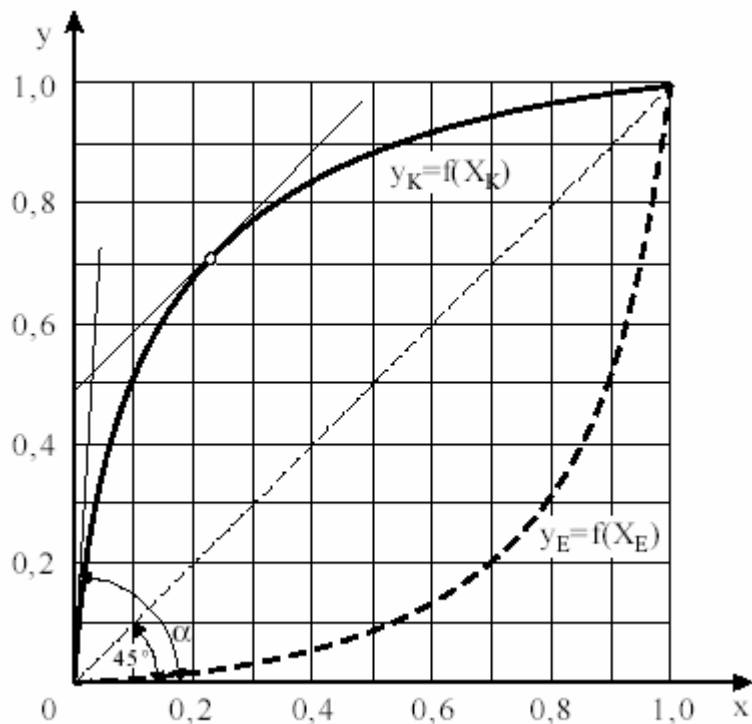
$$G = G_1 \cdot G_2 \cdot \dots \cdot G_n$$

$$F = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 \cdot G_2} + \dots + \frac{F_n - 1}{G_1 \cdot G_2 \cdot \dots \cdot G_{n-1}}$$

## 4.6. Kompresja i ekspansja

Kompresja polega na zwiększeniu wartości sygnału gdy są one małe i zmniejszeniu wartości sygnału gdy są duże.

Kompresor + ekspandor = komparator



Rys. Krzywa kompresji

$$y = \frac{A \cdot x}{1 + \ln(x)} \quad \text{dla } x < \frac{1}{A}$$

$$y = \frac{1 + \ln(A \cdot x)}{1 + \ln(x)} \quad \text{dla } x \geq \frac{1}{A}$$

gdzie:

A jest stałą w telekomunikacji głosowej  $A=87.6$

## 4.7. Inne zniekształcenia

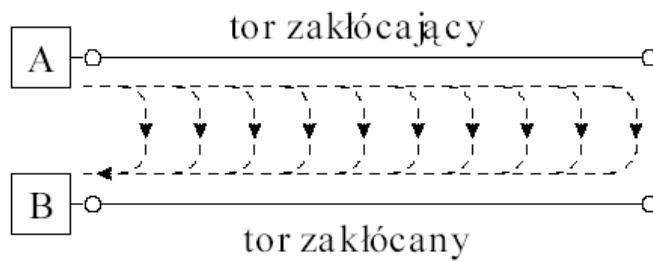
Zniekształcenia liniowe

- tłumienie
- opóźnienie

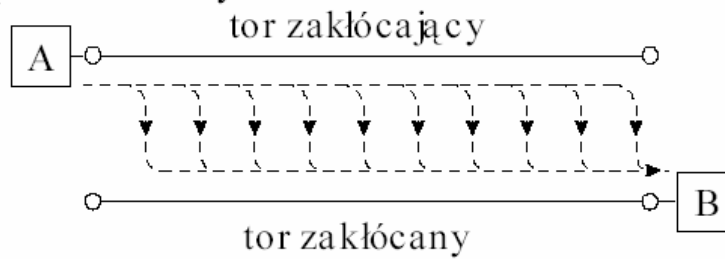
Zniekształcenia nieliniowe

- harmoniczne
- modulacji skrośnej
- od błęd częstotliwości nośnej

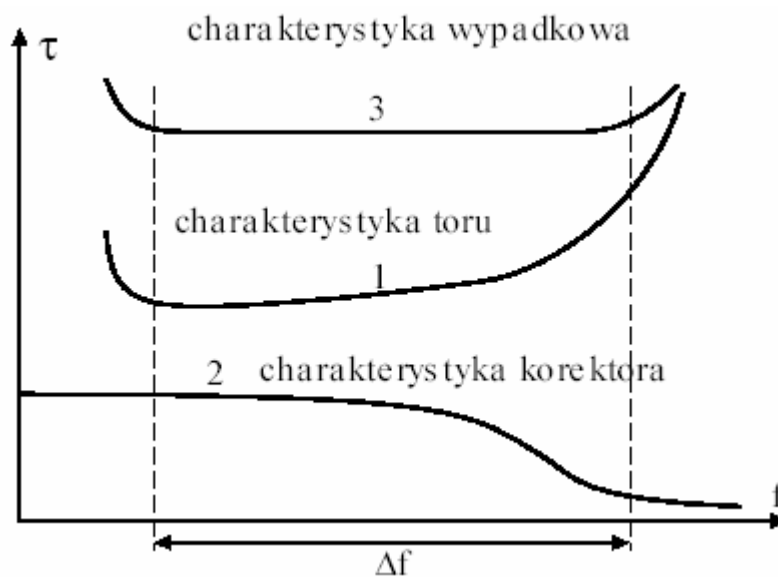
a - przenik zbliżony



b - przenik zdalny



Rys. Przesłuchy w kanałach teletransmisyjnych.



Rys. Korekcja charakterystyk częstotliwościowych kanału.

#### 4.8. Korekcja sygnałów analogowych, a regeneracja sygnałów cyfrowych