

Pomiary zniekształceń harmonicznych

- Miarą zniekształceń nieliniowych są **współczynniki zniekształceń harmonicznych**.
- Są one obliczane na podstawie pomiaru amplitudy składowych widma, które są wytwarzane przez urządzenie o charakterystyce nieliniowej.
- Przebieg pomiaru zniekształceń harmonicznych:
 - generator wytwarza sygnał sinusoidalny,
 - urządzenie nieliniowe wprowadza do sygnału składowe harmoniczne,
 - każda z dodanych składowych jest kolejno „wycinana” za pomocą filtru, mierzona jest jej amplituda,
 - współczynnik zniekształceń harmonicznych jest obliczany na podstawie definicji.

Współczynnik zniekształceń harmoniczných

- Współczynnik zniekształceń harmoniczných – THD (*Total Harmonic Distortion*)
- Z definicji: stosunek energii harmoniczných wytworzonych przez urządzenie nieliniowe do energii wszystkich harmoniczných (łącznie z podstawową).

$$k_n = \sqrt{\frac{U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots + U_n^2}{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2}} \cdot 100\%$$

- U_m – amplituda m -tej harmonicznej
- Należy podać liczbę n harmoniczných (np. THD do 5 harmonicznej).

Współczynnik zawartości harmonicznych (metoda eliminacji składowej podstawowej)

- W praktyce można zastosować wzór przybliżony:

$$k_n = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots + U_n^2}}{U_1} \cdot 100\%$$

- Obliczenie stosunku energii harmonicznych wytworzonych przez urządzenie nieliniowe do energii składowej podstawowej.
- Ten parametr nazywa się czasem współczynnikiem zawartości harmonicznych.
- Dla wartości <20% obie metody dają zwykle zbliżone wyniki.

Współczynnik zawartości harmonicznych

- Można obliczyć współczynnik zawartości i-tej harmonicznej – wpływ danej harmonicznej na całkowitą wartość THD:

$$k_i = \frac{U_i^2}{\sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2}} \cdot 100\%$$

- Zwykle oblicza się ten współczynnik dla drugiej i trzeciej harmonicznej.

Przeliczanie wartości THD

- Współczynnik THD można wyrażać w procentach lub w decybelach.
- Przeliczanie z procentów na decybele ($1\% \equiv 40 \text{ dB}$):

$$\text{THD[dB]} = 20 \log \frac{\text{THD}[\%]}{100}$$

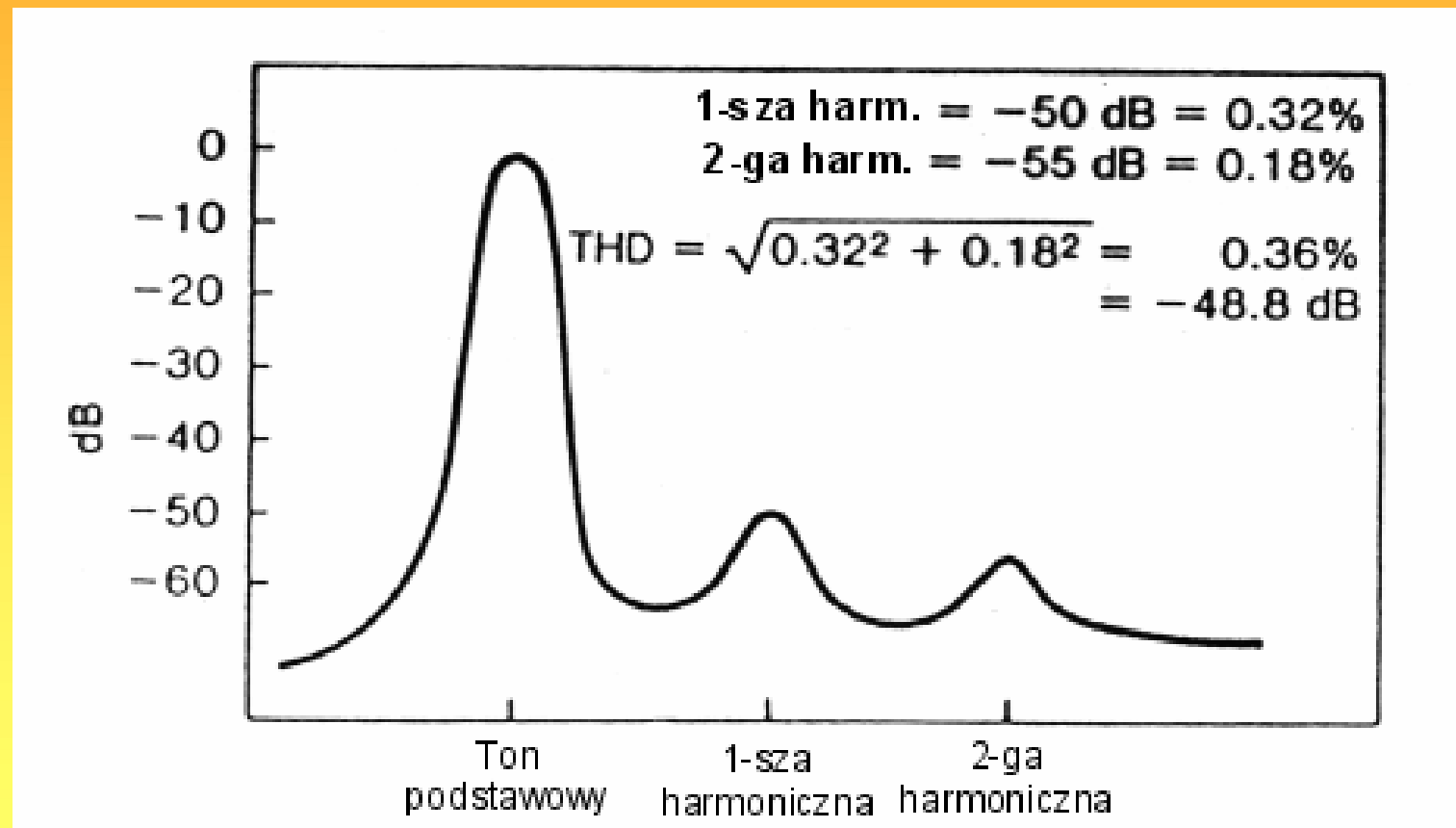
- Przeliczanie z decybeli na procenty:

$$\text{THD}[\%] = 100 \cdot 10^{\frac{\text{THD[dB]}}{20}}$$

- Przeliczając moc należy zamienić 20 na 10.

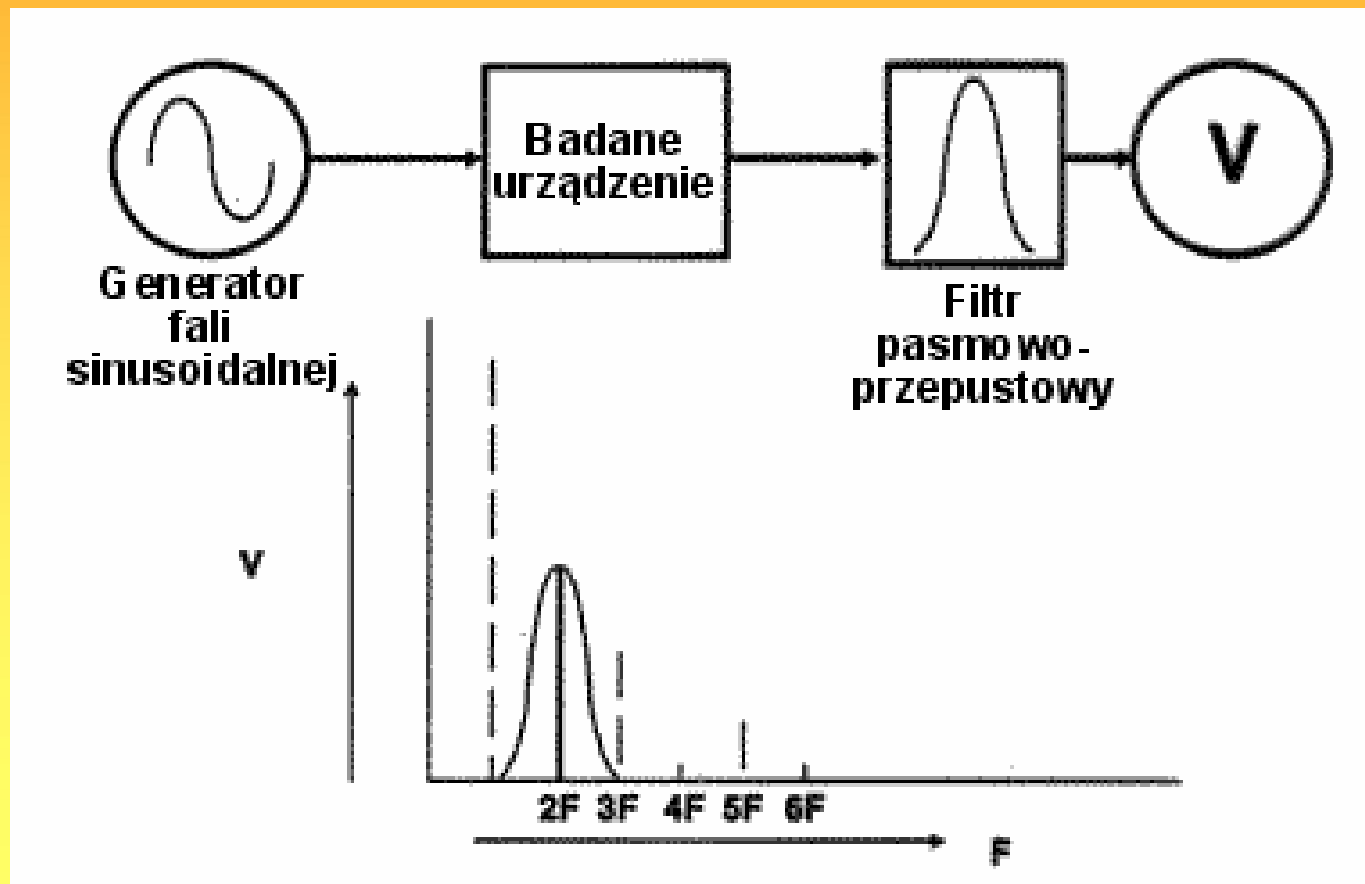
Przeliczanie wartości THD

- Przykład obliczeń THD dla dwóch harmonicznych



Metoda pomiaru THD

- Układ do pomiaru wartości THD:
filtr PP jest przestrajanym



Metoda pomiaru THD

- Pomiar wartości THD jest kłopotliwy, wymaga:
 - zmierzenia amplitudy składowej podstawowej oraz kolejnych harmoniczných, przy użyciu wąskopasmowego filtru,
 - filtr musi być przestrajaný i precyzyjnie dostrajany,
 - obliczenie wartości THD – w sposób matematyczny.
- Z tego wynika:
 - skomplikowana budowa przyrządu pomiarowego,
 - długi czas pomiaru.

Współczynnik THD+N

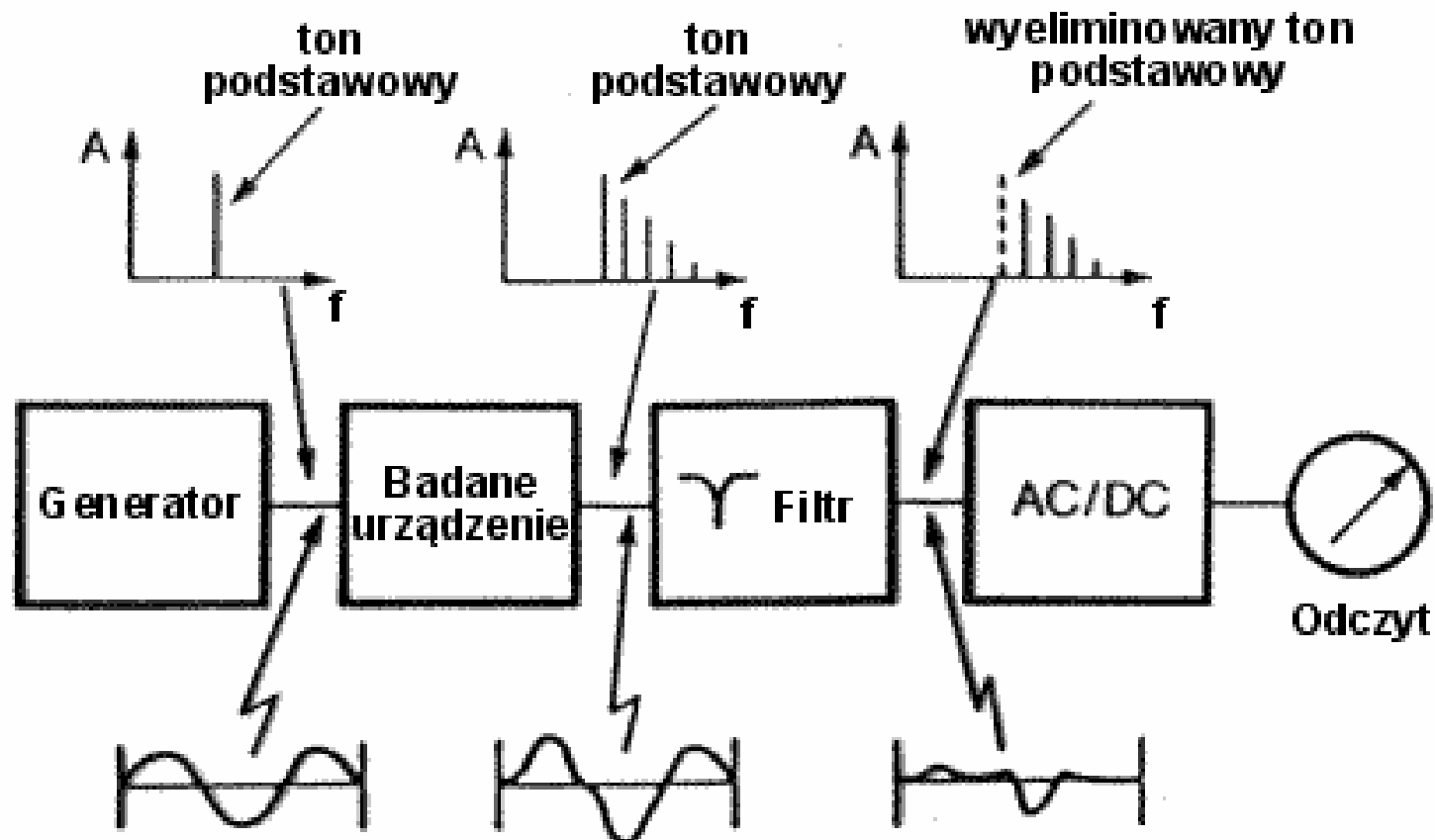
- Uproszczona metoda pomiaru współczynnika zniekształceń harmoniczných:
 - filtr pasmowo-zaporowy o wąskim paśmie (*notch*) dostraja się do częstotliwości podstawowej, usuwając ją z sygnału,
 - mierzy się poziom sygnału po odfiltrowaniu,
 - oblicza się współczynnik zniekształceń harmoniczných jako stosunek sygnału z usuniętą składową podstawową do sygnału nie przefiltrowanego.

Współczynnik THD+N

- Współczynnik zmierzony tą metodą uwzględnia nie tylko składowe widma wprowadzone przez urządzenie nieliniowe, ale również:
 - szum,
 - składowe widma związane np. z zakłóceniami sieciowymi (*hum*).
- Z tego względu współczynnik ten określa się mianem *Total Harmonic Distortion and Noise* (**THD+N**).
- Pomiar THD+N jest znacznie szybszy i prostszy niż pomiar „czystego” THD. Pomiary współczynnika zniekształceń harmoniczných prawie zawsze dotyczą THD+N.

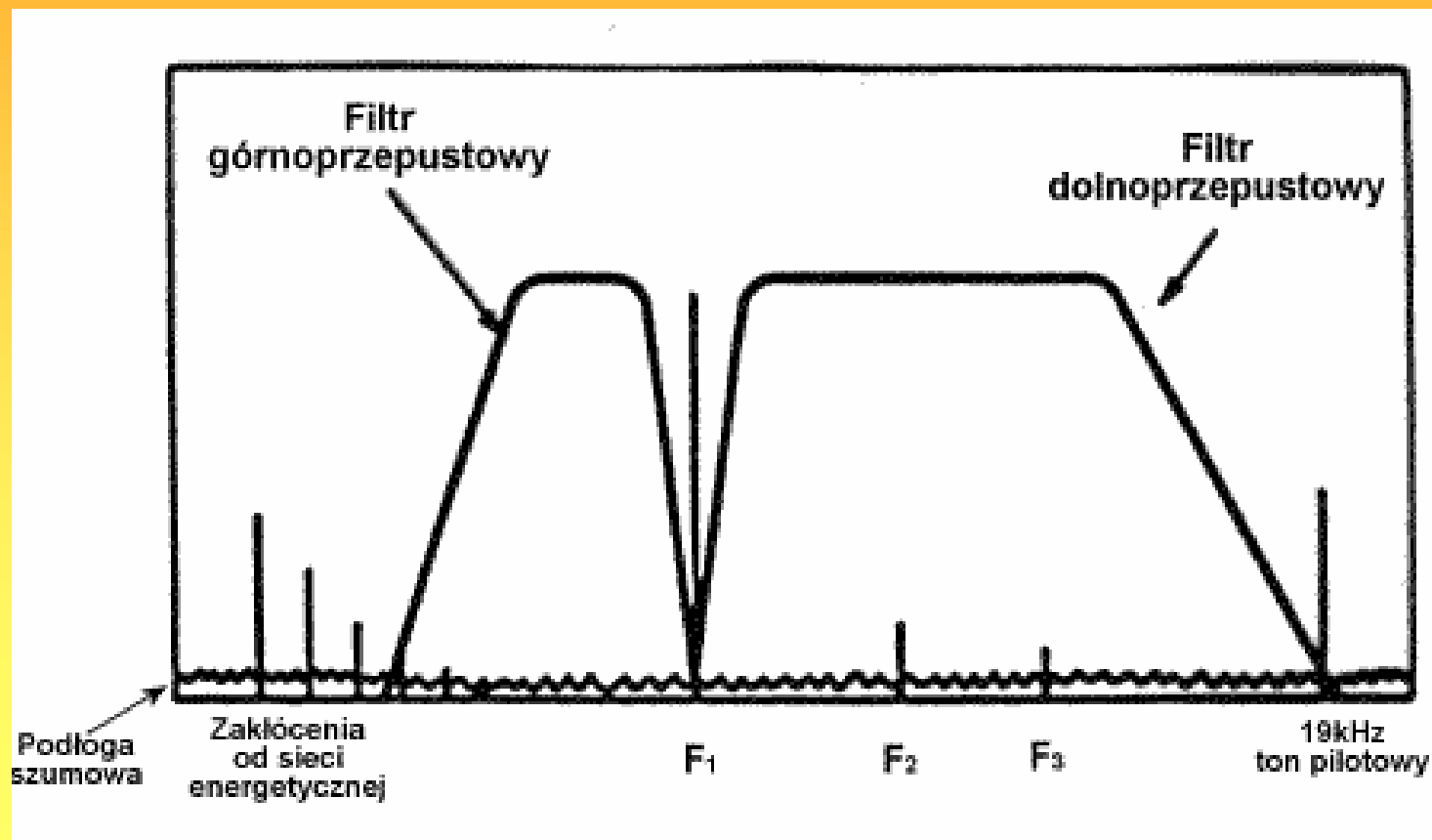
Metoda pomiaru THD+N

- Układ do pomiaru THD+N



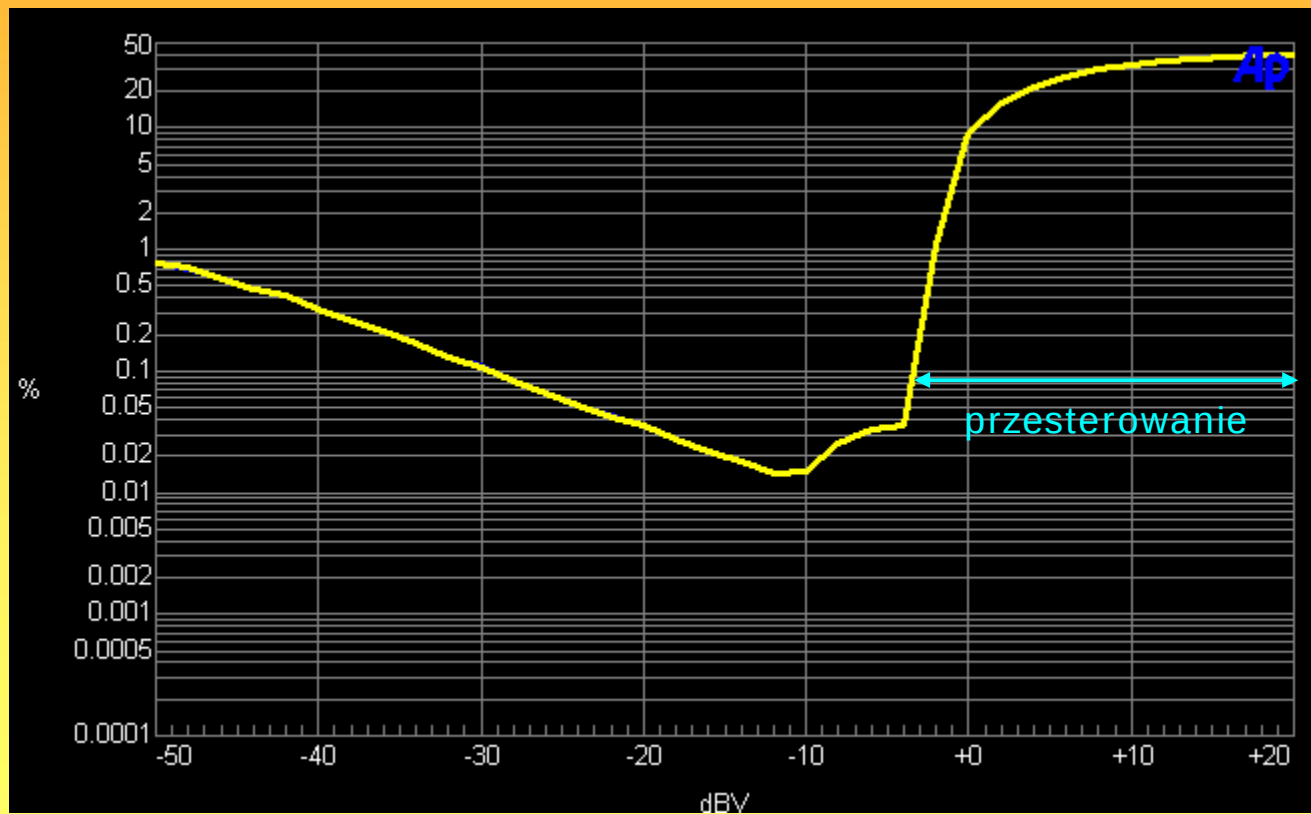
Metoda pomiaru THD+N

- Filtr typu *notch*, usuwający składową podstawową oraz znane zakłócenia (filtr może być przestrajan ręcznie lub automatycznie):



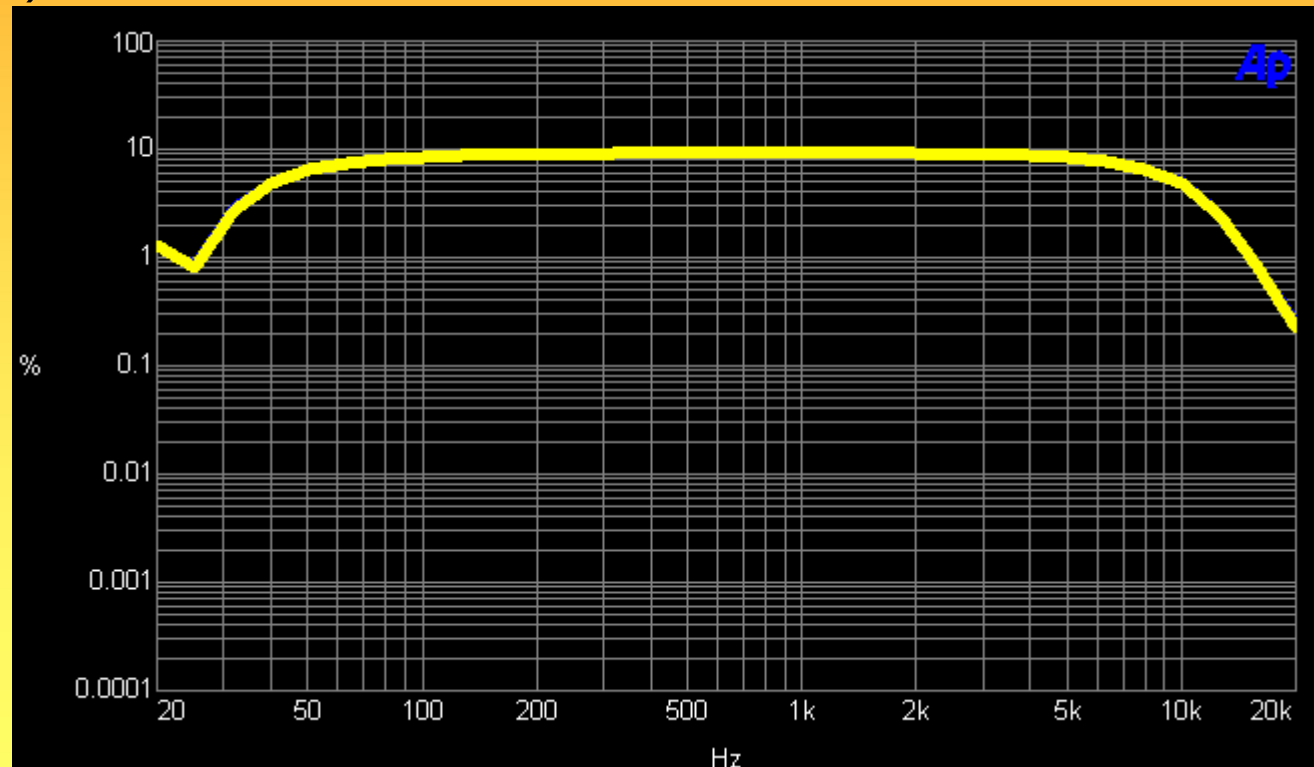
Wynik pomiaru THD+N

- Wykres THD+N [%] w funkcji poziomu sygnału testowego, przy stałej częstotliwości (1 kHz):



Wynik pomiaru THD+N

- Pasmo analizatora ograniczone do 22 kHz
- Wykres THD+N w funkcji częstotliwości (stały poziom sygnału testowego)



Wymagania do pomiaru THD+N

- Wymagania dotyczące urządzeń mierzących THD+N:
 - sygnał z generatora o bardzo małych zniekształceniach harmonicznym,
 - bardzo małe zniekształcenia wprowadzane przez filtry,
 - dostępny zestaw filtrów do tłumienia zakłóceń,
 - automatyczne przestrajanie filtru (dokładność) oraz częstotliwości i poziomu sygnału testowego,
 - detektor mierzący „prawdziwą” wartość skuteczną.

Interpretacja wartości THD

- Przykład specyfikacji:
 - zniekształcenia harmoniczne: poniżej 1%
- Taka wartość nic nam nie mówi. Nie wiemy:
 - czy jest to wartość THD, czy THD+N z uwzględnieniem szumu,
 - dla jakiego poziomu sygnału dokonano pomiaru,
 - dla jakiej częstotliwości, lub w jakim zakresie częstotliwości dokonano pomiaru
- Przykład poprawnej specyfikacji:
 - THD+N: poniżej 1% dla +4 dBm
- (zakładamy, że chodzi o częstotliwość 1 kHz).

Zniekształcenia intermodulacyjne

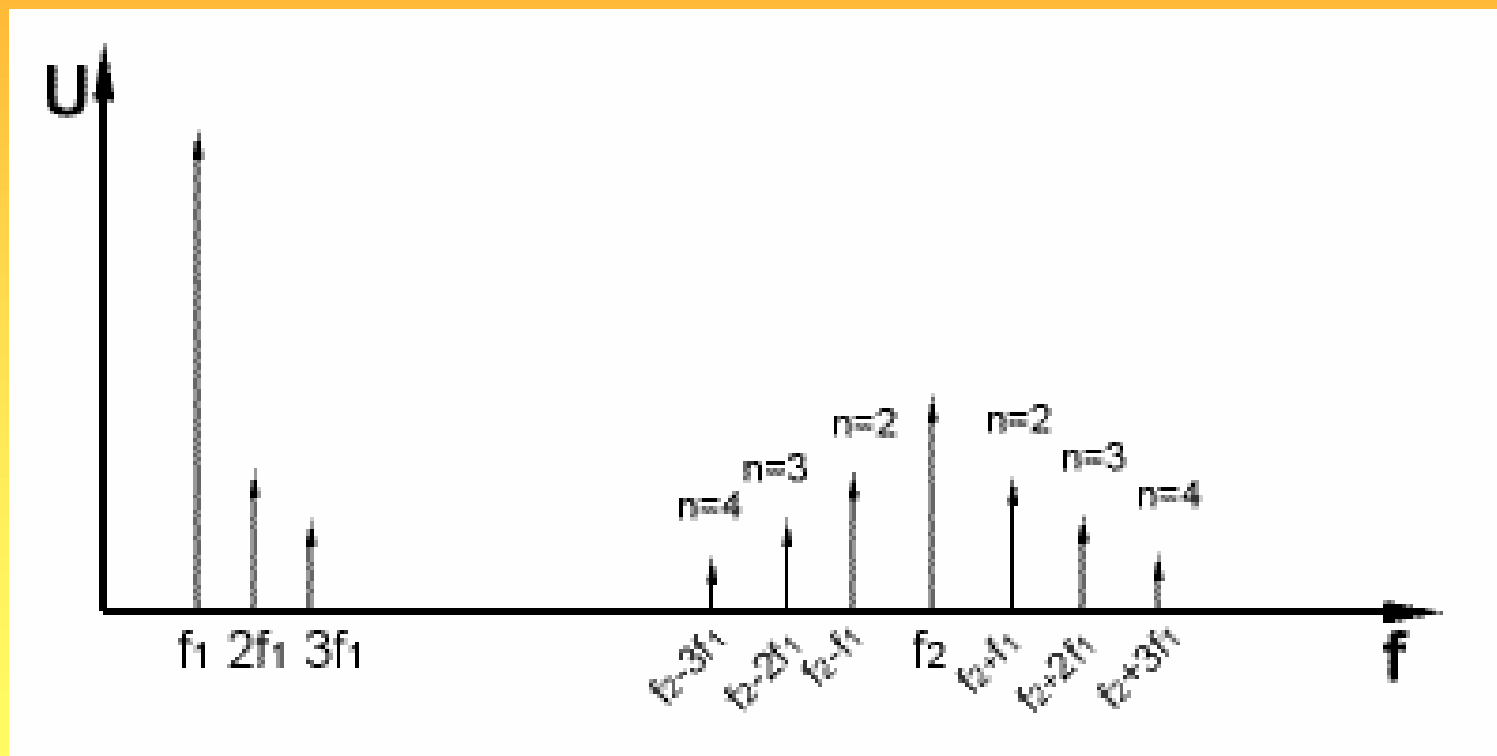
- Wadą pomiaru THD(+N) jest to, że dla większych częstotliwości sygnału testowego, w paśmie analizatora jest zbyt mało harmoniczných.
- Zamiast sygnału sinusoidalnego można zastosować **dwuton** (sygnał zawierający w widmie dwa prążki o częstotliwościach f_1 i f_2).
- Zniekształcenia mierzone w ten sposób nazywa się **zniekształceniami intermodulacyjnymi – IMD** (*Intermodulation Distortion*), w niektórych przypadkach również zniekształceniami różnicowymi.

Zniekształcenia intermodulacyjne

- Sygnał testowy: dwuton (f_1, f_2).
- Urządzenie liniowe – w odpowiedzi na dwuton testowy pojawia się dwuton zawierający wyłącznie dwa prążki o częstotliwościach f_1, f_2 .
- Urządzenie nieliniowe – pojawiają się produkty intermodulacyjne – prążki o częstotliwościach:
 - $m \cdot f_1 \pm n \cdot f_2$ $m = 1, 2, 3, \dots$
 - $n = 1, 2, 3, \dots$

Zniekształcenia intermodulacyjne

- Widmo sygnału powstałego przez przetworzenie dwutonu (f_1 , f_2) przez urządzenie nieliniowe:



Zniekształcenia intermodulacyjne

- Obliczenie współczynnika zniekształceń intermodulacyjnych:

$$m = \frac{\sqrt{[U_{(f_2-f_1)} + U_{(f_2+f_1)}]^2 + [U_{(f_2+2f_1)} + U_{(f_2-2f_1)}]^2}}{U_{f_2}} \cdot 100\%$$

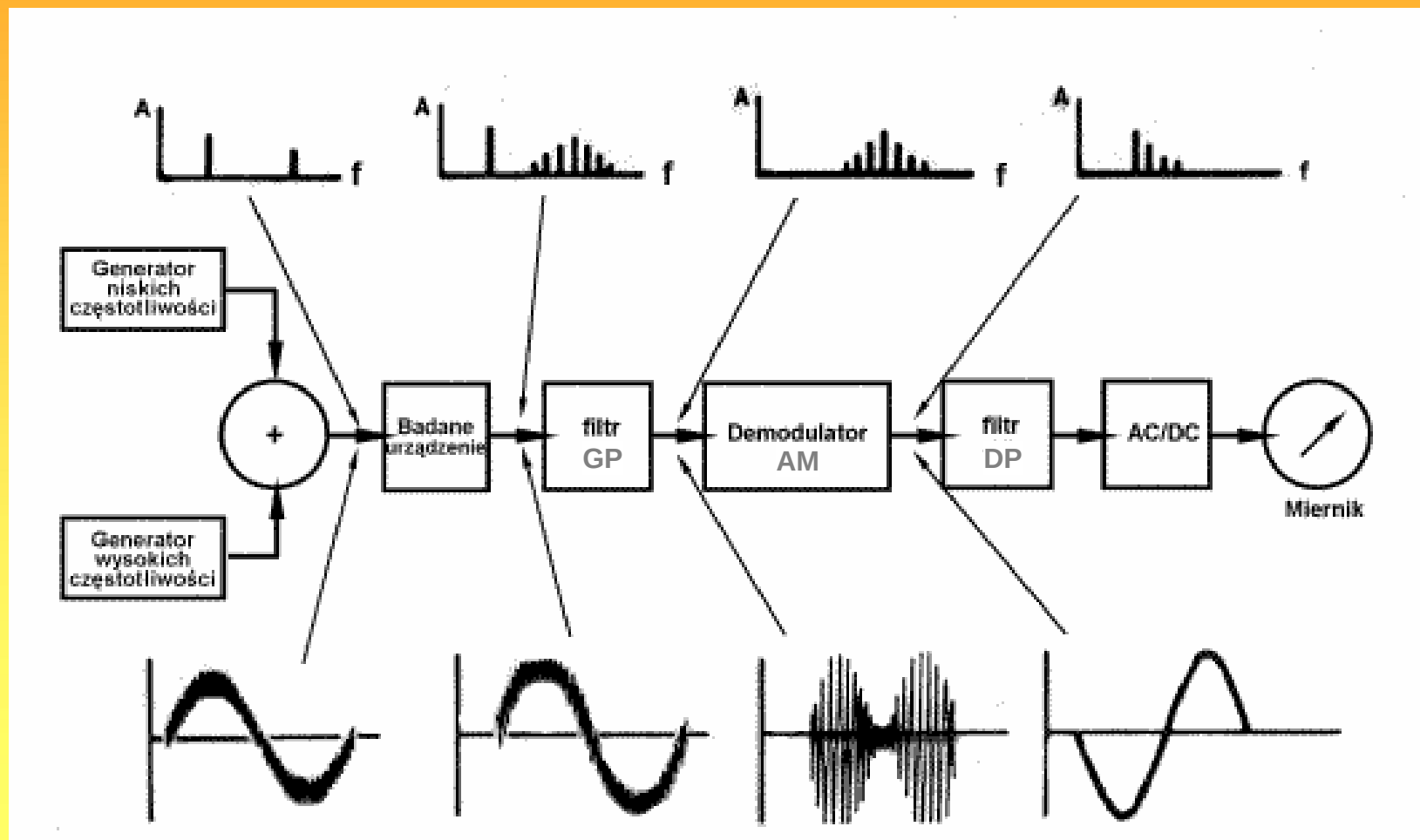
- U_f – amplituda prążka widma o częstotliwości f
- Według Polskiej Normy: we wzorze uwzględnia się również dalsze składowe: $f_2 \pm 3f_1$ oraz $f_2 \pm 4f_1$
- W praktyce nie liczy się współczynnika ze wzoru, ale mierzy się współczynnik modulacji amplitudy (AM).

Pomiar zniekształceń intermodulacyjnych

- Praktyczny układ pomiaru IMD:
 - generator – dwa tony (f_1 , f_2)
 - badane urządzenie – następuje modulacja
 - filtr GP (2 kHz) – usunięcie prążka f_1
 - demodulator AM
 - filtr DP (700 Hz) – usunięcie resztek nośnej
 - pomiar poziomu rms pozostałego sygnału

Pomiar zniekształceń intermodulacyjnych

- Układ do pomiaru zniekształceń intermodulacyjnych:



Zniekształcenia różnicowe

- Sygnał testowy: dwuton, dwa prążki o jednakowych amplitudach i zbliżonej, dużej częstotliwości (np. 19 kHz i 20 kHz).
- Taki pomiar nazywa się pomiarem zniekształceń różnicowych (*Difference Tone IMD*):



Zniekształcenia różnicowe

- Obliczenia współczynnika zniekształceń różnicowych:
 - drugiego rzędu

$$d_2 = \frac{A(f_2 - f_1)}{A(f_1) + A(f_2)} \cdot 100\%$$

- trzeciego rzędu

$$d_3 = \frac{A(2f_2 - f_1) + A(2f_1 - f_2)}{A(f_1) + A(f_2)} \cdot 100\%$$

- $A(f)$ – amplituda prądu o częstotliwości f

Zniekształcenia różnicowe

- W praktyce pomiar zniekształceń różnicowych dokonuje się w następującym układzie:
 - generator – dwa tony o cz. f_1 i f_2 , o jednakowej amplitudzie
 - badanego urządzenie – powstają zniekształcenia
 - filtr DP – pozostaje pasmo do 2,45 kHz
 - filtr pasmowo-przepustowy o cz. środkowej ($f_2 - f_1$)
 - pomiar poziomu rms w przefiltrowanym sygnale

Pomiary IMD – normy

- Najważniejsze standardy dotyczące pomiaru IMD:
 - SMPTE IMD
 - 60 Hz i 7 kHz [mogą być inne]
 - stosunek amplitud 4:1 [czasem 1:1]
 - pomiar wartości szczytowej (nie skutecznej)
 - DIN IMD
 - 250 Hz i 8 kHz
 - stosunek amplitud 4:1
 - CCIF *Twin-Tone* (różnicowe)
 - 13 kHz i 14 kHz (dla pasma do 15 kHz)
lub 18 kHz i 19 kHz (dla pasma do 20 kHz),
 - jednakowe amplitudy

Zniekształcenia transjentowe

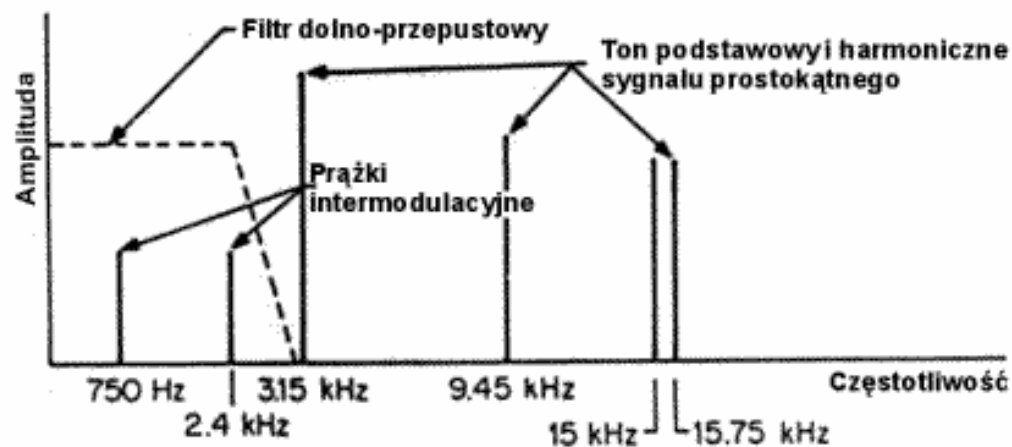
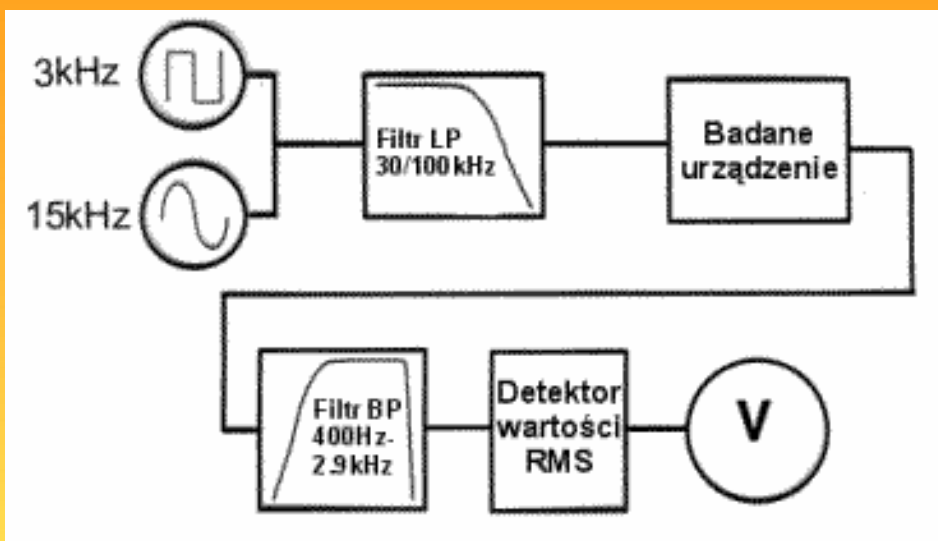
- **DIM** – *Dynamic Intermodulation Distortion*
- **TIM** – *Transient Intermodulation Distortion*
- Parametr opisujący zniekształcenia harmoniczne powstające w stanach przejściowych.
- Często zniekształcenia powstają w przypadku np. gwałtownych zmian amplitudy sygnału wejściowego.
- Takie zniekształcenia nie zostaną wykryte podczas pomiaru sygnałami (np. dwutonem) o łagodnie zmieniającej się amplitudzie.

Zniekształcenia transjentowe

- Pomiar TIM/DIM – najczęściej stosowana metoda:
 - sygnał testowy – suma dwóch sygnałów:
 - fala prostokątna $f_1 = 3,15 \text{ kHz}$ [DIMB: 2,96 kHz]
 - fala sinusoidalna $f_2 = 15 \text{ kHz}$ [DIMB: 14 kHz]
 - stosunek amplitud $A_1:A_2 = 4:1$
 - sygnał testowy jest filtrowany przez filtr DP o częstotl. granicznej:
 - 30 kHz (DIM 30)
 - 100 kHz (DIM 100)
- Fala prostokątna zapewnia gwałtowne zmiany poziomu.
- Produkty intermodulacyjne: prążek sinusa z prążkami fali prostokątnej (podstawowa i nieparzyste harmoniczne).

Zniekształcenia transjentowe

- Pomiar zniekształceń transjentowych TIM/DIM



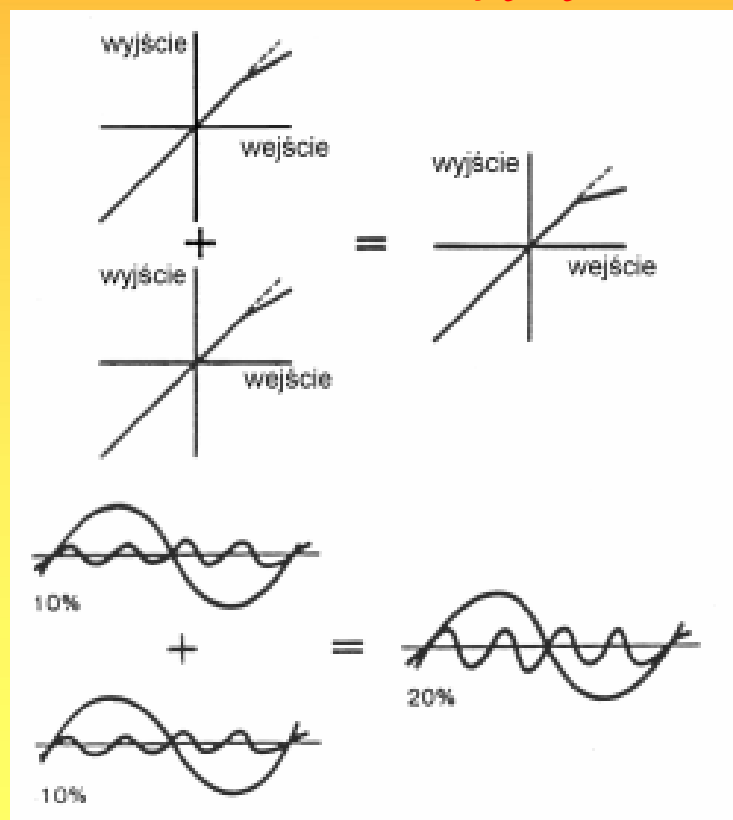
Zn. harmoniczne – interpretacja

- Interpretacja wartości zniekształceń harmonicznych (THD+N) oraz intermodulacyjnych (IMD):
 - im niższe wartości, tym lepiej
 - wartość IMD powinna być mniejsza (w każdym razie nie większa) niż wartość THD+N
 - zniekształcenia IM są bardziej słyszalne niż zwykłe
 - dla większości urządzeń fonicznych, wartość zniekształceń poniżej 1% jest do przyjęcia.

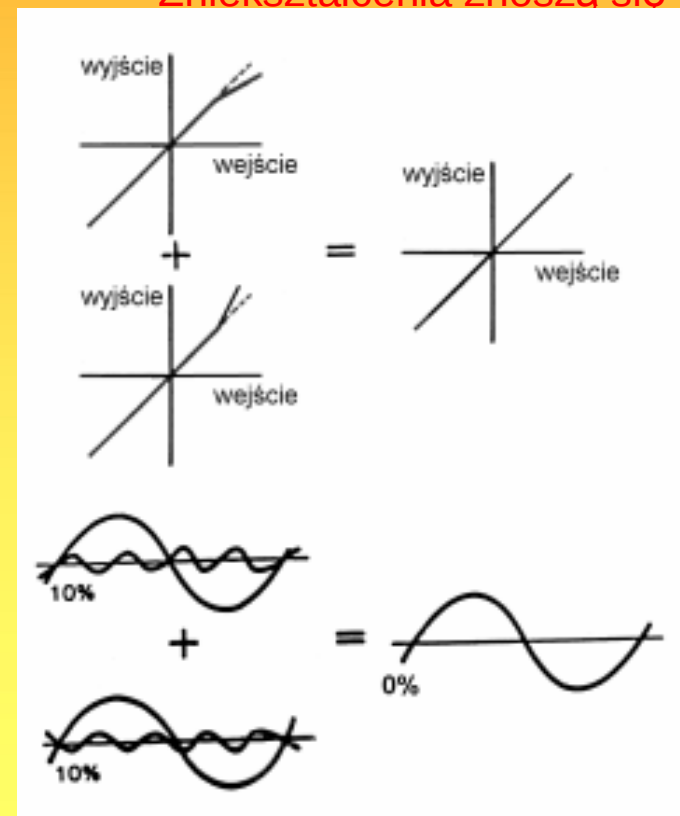
Dodawanie i znoszenie się zniekształceń

– O czym należy pamiętać badając zniekształcenia w układzie kilku urządzeń połączonych w łańcuchach:

- Zniekształcenia dodają się



- Zniekształcenia znoszą się



Wykrywanie przesterowania

- W niektórych urządzeniach fonicznych (np. wzmacniacze) nie chcemy dopuścić do tego, aby wystąpiło przesterowanie sygnału.
- W tym celu należy:
 - ustawić wzmacnienie urządzenia na minimalne,
 - podać na wejście urządzenia sygnał testowy o dużym poziomie,
 - mierzyć THD+N na wyjściu urządzenia,
 - zwiększać wzmacnienie urządzenia tak długo, aż zostanie zaobserwowany gwałtowny wzrost THD+N,
 - ustawić maksymalne wzmacnienie urządzenia.

Pomiar poziomu szumu

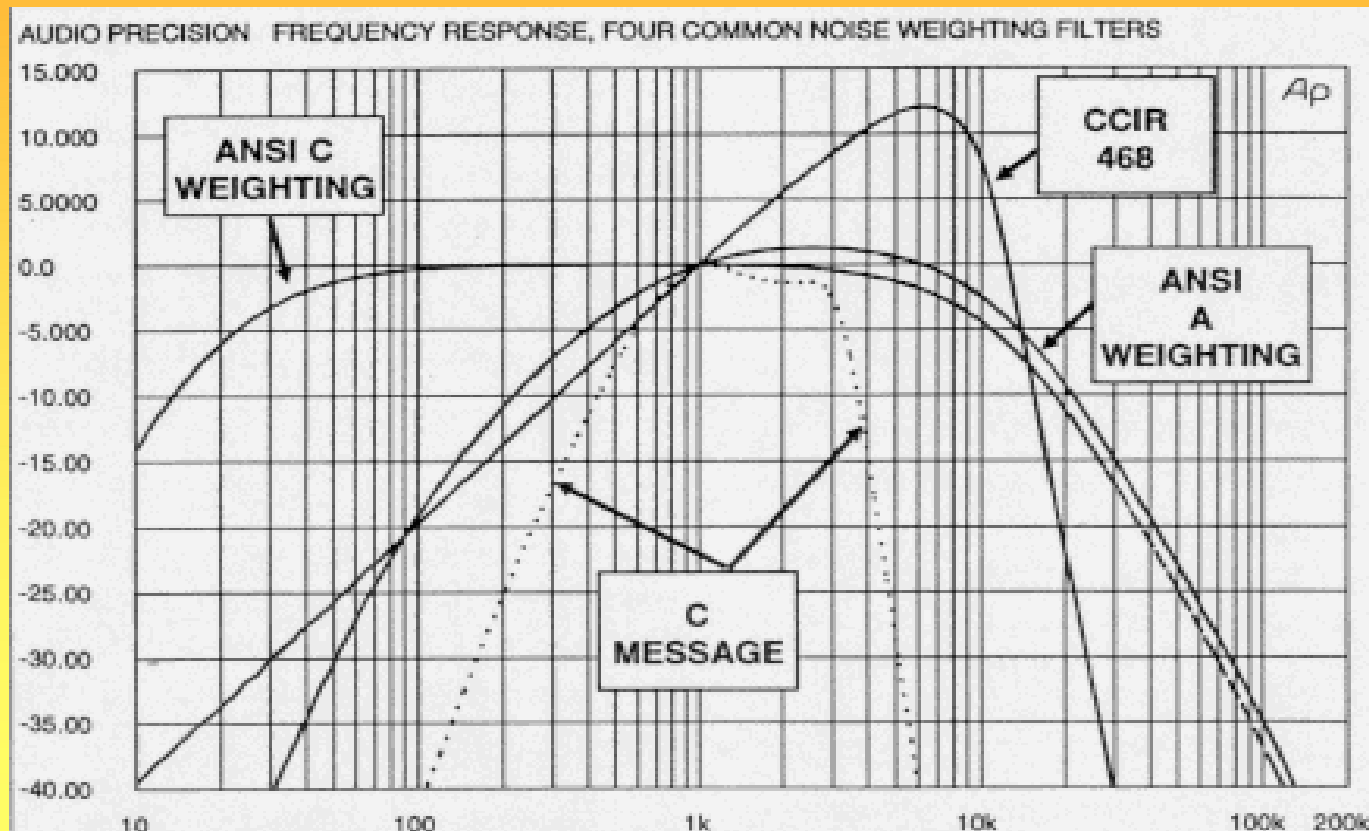
- Pomiar poziomu szumu w torze fonicznym jest dokonywany w sytuacji, w której na wejście toru nie jest podawany żaden sygnał.
- Poziom szumów i zakłóceń jest mierzony na wyjściu toru fonicznego. Jest wyrażany najczęściej w dBu lub dBv.
- Pasmo mierzonego szumu musi być ograniczone za pomocą filtru pasmowo-przepustowego, typowo:
 - 20 Hz – 20 kHz
 - 22 Hz – 22 kHz (norma CCIR 468)
 - 300 Hz – 3,5 kHz: kanał dla sygnału mowy
- Podając poziom szumu należy podać też pasmo częstotliwości

Pomiar poziomu szumu

- Pomiar poziomu szumu powinien uwzględniać uciążliwość szumu dla słuchacza.
- Uciążliwość szumu jest większa w paśmie średnich częstotliwości (2-4 kHz), mniejsza dla niskich i wysokich częstotliwości (wynika to z krzywych słyszenia).
- Aby uwzględnić to przy pomiarach szumu, należy użyć odpowiednich filtrów wagowych (inna nazwa: filtry psofometryczne).
- Wynik pomiaru przy użyciu tych filtrów lepiej oddaje uciążliwość szumu, zwłaszcza dla szumów wąskopasmowych.
- Podając wynik pomiaru należy podać też typ charakterystyki wagowej.

Filtry wagowe do pomiarów szumu

- Typowe charakterystyki filtrów wagowych:
 - ANSI A
 - ANSI C
 - CCIR 468 (pomiar wartości quasi-szczytowej, nie rms)



Stosunek sygnału do szumu

- Stosunek sygnału do szumu (**SNR** lub **S/R** – *Signal to Noise Ratio*):
- stosunek pewnego poziomu sygnału do zmierzonego poziomu szumu.
- Częściej: różnica między zmierzonym poziomem szumu a poziomem referencyjnym (0 dBr), wyrażona w dBr.
- Poziom referencyjny może być:
 - przyjęty arbitralnie,
 - zmierzony dla sygnału testowego (najczęściej 1 kHz) o ustalonym poziomie.
- Zmierzony stosunek sygnału do szumu określa się często terminem: dynamika urządzenia.

Stosunek sygnału do szumu

- Sposób pomiaru poziomu referencyjnego:
 - dla poziomu nominalnego urządzenia,
 - dla pełnegoysterowania urządzenia (mogą wystąpić zniekształcenia!),
 - dla maksymalnego poziomu, przy którym współczynnik zniekształceń harmoniczných (THD+N) nie przekracza ustalonej wartości (np. 1%).
- Po zmierzeniu poziomu referencyjnego:
 - ustawia się ten poziom jako 0 dBr,
 - wyłącza się sygnał testowy,
 - dokonuje się pomiaru poziomu szumu w dBr,
 - wartość bezwzględna poziomu szumu oznacza SNR.

Pomiar zakłóceń sieciowych

- Zakłócenia sieciowe wynikają z wpływu częstotliwości sieci zasilającej (50 Hz w Europie, 60 Hz w USA).
- Ocena wpływu zakłóceń – *hum-to-hiss ratio*:
 - pomiar poziomu szumu w całym paśmie 20 Hz – 20 kHz (*hum*)
 - pomiar poziomu szumu w paśmie 400 Hz – 20 kHz (usuwa się składową podstawową zakłóceń sieciowych i jej dwie pierwsze harmoniczne) – *hiss*,
 - różnica tych dwóch pomiarów wyznacza *hum-to-hiss ratio* – poziom szumów od zakłóceń sieciowych
 - w urządzeniach dobrej klasy wartość ta powinna być mniejsza od 1 dB.

Interpretacja poziomu szumu

- Przykład nieprawidłowej specyfikacji:
 - Poziom szumu: poniżej -90 dB
- Nie wiemy: względem jakiego poziomu, w jakim paśmie, czy były użyte filtry wagowe, czy uwzględniono zakłócenia sieciowe.
- Przykład poprawnej specyfikacji:
 - Poziom szumu i zakłóceń (*hum and noise*):
poniżej -70 dBm (20 Hz – 20 kHz,
filtr wagowy ANSI C, stały poziom sygnału)
- Interpretacja: im mniejszy poziom szumu (większy SNR), tym lepiej.

Przesłuch i separacja

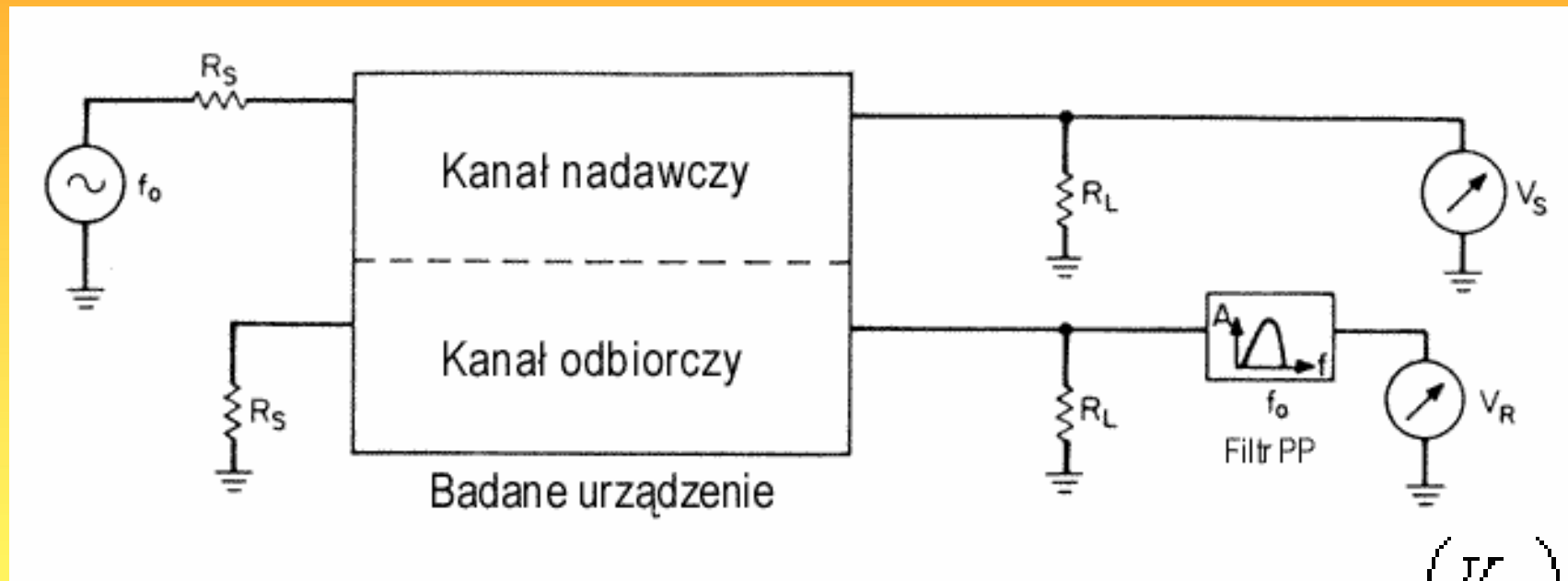
- Przesłuch i separacja dotyczą sytuacji, w której dźwięk jest przenoszony przez kilka kanałów.
- Przesłuch (*crosstalk*) – przenikanie sygnału z jednego kanału do drugiego.
- Jeżeli kanały przenoszą informacje związane ze sobą, typowo lewy i prawy kanał sygnału stereofonicznego, mówimy o separacji (*separation*).

Pomiar przesłuchu i separacji

- Metoda pomiaru przesłuchu i separacji:
 - na wejście kanału źródłowego podawany jest testowy sygnał sinusoidalny o stałym poziomie,
 - mierzony jest poziom V_S na wyjściu kanału źródłowego,
 - na wejście kanału badanego nie jest podawany żaden sygnał,
 - mierzony jest sygnał V_R na wyjściu kanału badanego (po przetworzeniu przez filtr BP nastrojony na częstotliwość generatora),
 - przesłuch (separacja) jest miarą stosunku V_R/V_S (najczęściej wyrażany w decybelach).

Pomiar przesłuchu i separacji

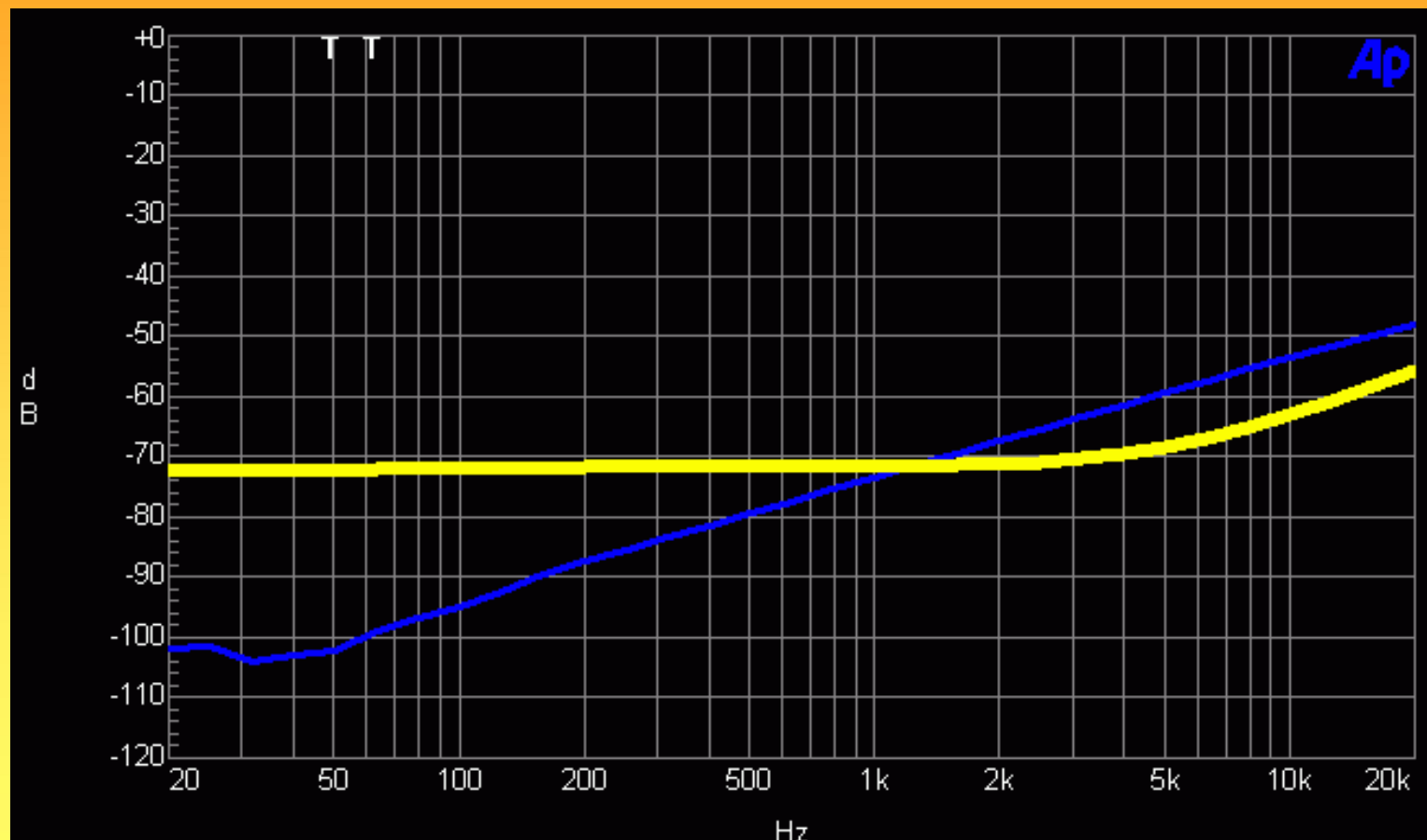
- Układ do pomiaru przesłuchu i separacji



$$\text{przesłuch(dB)} = 20 \log \left(\frac{V_R}{V_S} \right)$$

Pomiar przesłuchu i separacji

- Wyniki pomiaru przesłuchu i separacji w funkcji częstotliwości sygnału testowego



Przesłuch i separacja – interpretacja

- Interpretacja wartości przesłuchu i separacji:
 - mniejsza wartość oznacza lepszą separację
 - wartość < -50 dB jest zwykle wystarczająca (zalecane wartości poniżej -70 dB)
 - przy dobrym odizolowaniu kanałów można uzyskać wartości rzędu -100 dB
 - separacja kanałów stereo (testy psychoakustyczne):
 - w zakresie cz. 500 Hz – 2 kHz: do zachowania prawidłowego obrazu stereofonicznego wystarcza separacja od -25 do -30 dB
 - na krańcach zakresu częstotliwości akustycznych wystarcza gorsza separacja

Miernik zawartości harmonicznych PMZ - 12



Rola organów sterowania pracą przyrządu.

1. Wskaźnik włączenia sieci - sygnalizuje poprzez świecenie włączenie napięcia sieci.
2. SIEĆ - włącznik napięcia sieci, klawisz wciśnięty - włączone napięcie sieci, klawisz wyciśnięty - wyłączone napięcie sieci.
3. Miernik wychyłowy - wskazuje wartość współczynnika zniekształceń nieliniowych, poziom współczynnika zniekształceń, wartość napięcia, poziomu napięcia i wartość częstotliwości podstawowej.
4. Regulacja zera mechanicznego miernika wychyłowego (3)
5. GP FILTR $f > 1$ kHz - wyłącznik filtru, klawisz wciśnięty - pomiar zniekształceń odbywa się z włączonym w obwód filtrem górnoprzepust.
6. Wejście - gniazdo BNC, służy do podania na wejście przyrządu, badanego sygnału.
7. Wyjście - gniazdo BNC, służy do przyłączenia oscyloskopu, za pomocą którego można dokonać oceny jakościowej zawartości harmoniczných.
8. Przełącznik - służy do zmiany zakresu częstotliwości podstawowej.
9. Wskaźnik powyżej zakresu - sygnalizuje poprzez świecenie, że częstotliwość podstawowa sygnału wejściowego jest większa od maksymalnej częstotliwości podzakresu ustawionego za pomocą przełącznika (8). Należy przełączyć przełącznik (8) zgodnie z kierunkiem wskaźnika.
10. Wskaźnik poniżej zakresu - sygnalizuje poprzez świecenie, że częstotliwość podstawowa sygnału wejściowego jest mniejsza od minimalnej częstotliwości podzakresu ustawionego za pomocą przełącznika (8). Należy przełączyć przełącznik (8) zgodnie z kierunkiem wskaźnika.

11. Wskaźnik mV - świecenie wskaźnika oznacza, że przyrząd spełnia funkcję woltomierza a wartość mierzonego napięcia jest poniżej 316 mV.
12. Wskaźnik % - świecenie wskaźnika oznacza, że przyrząd spełnia funkcję pomiaru zniekształceń nieliniowych.
13. Przełącznik - służy do wyboru zakresu pomiarowego współczynnika zniekształceń nieliniowych oraz zakresu pomiarowego napięcia dla napięcia wejściowego poniżej 316 mV.
14. Wskaźnik V - świecenie wskaźnika oznacza, że przyrząd spełnia funkcję woltomierza a wartość napięcia mierzonego jest powyżej 316 mV.
15. Wskaźnik poniżej zakresu - świecenie wskaźnika oznacza, że napięcie sygnału wejściowego jest mniejsze od minimalnego napięcia na ustawionym podzakresie przełącznika (17). Należy przełączyć przełącznik (17) zgodnie z kierunkiem wskaźnika.
16. Wskaźnik powyżej zakresu - świecenie wskaźnika oznacza, że napięcie sygnału wejściowego jest większe od maksymalnego napięcia na ustawionym podzakresie przełącznika (17). Należy przełączyć przełącznik (17) zgodnie z kierunkiem wskaźnika.
17. Przełącznik - służy do wyboru zakresu pomiarowego napięcia dla napięcia wejściowego powyżej 316 mV. Dla napięcia wejściowego poniżej 316 mV przełącznik (17) ustawić w pozycji 1 V.
18. POMIAR - przełącznik służący do wyboru mierzonej funkcji.
 - % - wciśnięcie klawisza, czyni przyrząd gotowym do pomiaru współczynnika zniekształceń nieliniowych.
 - V - wciśnięcie klawisza czyni przyrząd gotowym do pomiaru napięcia
 - Hz - wciśnięcie klawisza czyni przyrząd gotowym do pomiaru częstotl.
 - %,V - jednoczesne wciśnięcie klawisza % i V daje możliwość sprawdzenia poziomu standaryzacji.

Przeznaczenie przyrządu

Automatyczny miernik zniekształceń nieliniowych jest przyrządem laboratoryjnym przeznaczonym do bezpośredniego pomiaru współczynnika zniekształceń nieliniowych przebiegów napięciowych, których częstotliwość podstawowa mieści się w zakresie 20 Hz - 20 kHz.

Czynności ręczne przy pomiarze współczynnika zniekształceń nieliniowych ograniczone zostały do wyboru podzakresu zniekształceń, napięcia i częstotliwości. Przyrząd umożliwia również pomiar napięcia i częstotliwości. Kierunek wyboru zakresu napięcia i częstotliwości sygnalizowany jest wskaźnikami na diodach LED.

Dane techniczne

1. Pomiar współczynnika zniekształceń nieliniowych

Zakres częstotliwości podstawowej: 20 Hz - 20 kHz

Podzakresy częstotliwości podstawowej:

20 Hz - 200 Hz

200 Hz - 2 kHz

2 kHz - 20 kHz

Zakres częstotliwości harmoniczných: do 100 kHz

Zakresy pomiarowe współczynnika zniekształceń nieliniowych:

30%, 10%, 3%, 1%, 0,3%, 0,1 %

Błąd pomiaru napięcia przy $f = 1\text{kHz}$: $\pm 4\%$

Błąd poziomu standaryzacji $\pm 0,2\text{ dB}$

Nierównomierność charakterystyki częstotliwościowej poziomu standaryzacji w stosunku do poziomu przy $f = 1\text{ kHz}$

20 Hz - 100 Hz - 0,6 dB

100 Hz - 40 kHz $\pm 0,2\text{ dB}$

40 kHz - 100 kHz $\pm 0,6\text{ dB}$

Maksymalne tłumienie 2-giej harmonicznej w stosunku do poziomu odniesienia przy częstotliwości podstawowej: $\pm 0,5\text{dB}$

Tłumienie częstotliwości podstawowej: $> 80\text{ dB}$

Zniekształcenia własne:

20 Hz - 200 Hz $< 0,035\%$

200 Hz - 20 kHz $< 0,025\%$

Minimalne napięcie wejściowe: 316 mV

Maksymalne napięcie wejściowe: 300 V

Odczyt współczynnika zniekształceń: %, dB - miernik wychyłowy

Wyzwalanie pomiaru zniekształceń: z automatyczną repetycją

Zasada działania

Zasada działania automatycznego miernika zniekształceń nieliniowych oparta jest na pomiarze współczynnika zniekształceń wynikającego z definicji jako stosunek wartości skutecznej napięcia sygnału bez składowej podstawowej do sygnału całkowitego.

Przyrząd umożliwia pomiar:

- zniekształceń nieliniowych
- napięcia wejściowego
- częstotliwości podstawowej

Wybór mierzonej funkcji odbywa się za pomocą przełącznika P402. Przy pomiarze zniekształceń (wciśnięty klawisz % przełącznika P402, świeci się D406 wskaźnik %) tor pomiaru zniekształceń składa się z układu wejściowego wraz z dzielnikiem napięcia, układu standaryzacji, wzmacniacza zaporowego WZ opartego na mostku Wiena oraz wzmacniacza pomiarowego WP poprzedzanego dzielnikiem.

Obsługa przyrządu

1. Przygotowanie przyrządu do pomiarów.

W celu przygotowania przyrządu do pracy należy:

- klawisz wyłącznika SIEĆ (2) ustawić w pozycji wyłączonej
- uziemić przyrząd
- przyłączyć przyrząd do sieci zasilającej za pomocą sznura sieciowego (19)
- wcisnąć klawisz SIEĆ (2)

Po 1 minucie od momentu włączenia, przyrząd jest gotów do pracy.

Pomiar zniekształceń.

- przełącznik POMIAR (18) ustawić w pozycji %
- przełącznik %, mV (13) ustawić w pozycji 100%
- połączyć źródło badanego napięcia z gniazdem WEJŚCIE (6) Jeżeli wskaźnik zakresu 15 lub 16 sygnalizuje przez świecenie niewłaściwy podzakres przełącznika napięcia (17), należy zmienić podzakres przełącznika (17) zgodnie z kierunkiem wskaźnika. Jeżeli wskaźnik zakresu 9 lub 10 sygnalizuje przez świecenie niewłaściwy podzakres przełącznik częstotliwości (8), należy zmienić podzakres przełącznika (8) zgodnie z kierunkiem wskaźnika.
- wskazanie miernika (3) będzie maleć i jeżeli zmaleje do wychylenia 1/3 skali miernika, należy przełączyć przełącznik % (13) o jedną pozycję w prawo
- przełącznik (13) przełączać w prawo w kierunku zakresów o większej czułości aż do ustalenia się wskaźnika miernika (3)
- wynik pomiaru odczytać w skali % miernika (3) przy uwzględnieniu zakresu pomiaru określonego pozycją przełącznika (13)
- przy określaniu poziomu zniekształceń w dB wynik pomiaru odczytać w skali dB miernika (3) przy uwzględnieniu zakresu pomiaru określonego pozycją przełącznika (13)