KOMPUTEROWE SYSTEMY POMIAROWE

Dr inż. Eligiusz PAWŁOWSKI

Politechnika Lubelska

Wydział Elektrotechniki i Informatyki

Prezentacja do wykładu dla EMST - ITwE

Semestr zimowy

Wykład nr 12

Prawo autorskie

Niniejsze materiały podlegają ochronie zgodnie z **Ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych** (Dz.U. 1994 nr 24 poz. 83 z późniejszymi zmianami).

Materiał te udostępniam **do celów dydaktycznych** jako materiały pomocnicze do wykładu z przedmiotu Komputerowe Systemy Pomiarowe prowadzonego dla studentów Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej. Mogą z nich również korzystać inne osoby zainteresowane tą tematyką. Do tego celu materiały te można **bez ograniczeń przeglądać, drukować i kopiować wyłącznie w całości**.

Wykorzystywanie tych materiałów bez zgody autora w inny sposób i do innych celów niż te, do których zostały udostępnione, **jest zabronione**.

W szczególności **niedopuszczalne jest**: usuwanie nazwiska autora, edytowanie treści, kopiowanie fragmentów i wykorzystywanie w całości lub w części do własnych publikacji.

Eligiusz Pawłowski

Uwagi dydaktyczne

Niniejsza prezentacja stanowi **tylko i wyłącznie materiały pomocnicze** do wykładu z przedmiotu Komputerowe Systemy Pomiarowe prowadzonego dla studentów Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej. Udostępnienie studentom tej prezentacji nie zwalnia ich z konieczności sporządzania **własnych notatek z wykładów** ani też nie zastępuje **samodzielnego studiowania** obowiązujących podręczników.

Tym samym zawartość niniejszej prezentacji w szczególności **nie może być** traktowana jako zakres materiału obowiązujący na egzaminie.

Na egzaminie obowiązujący jest **zakres materiału faktycznie wyłożony podczas wykładu** oraz zawarty w odpowiadających mu fragmentach **podręczników** podanych w wykazie literatury do wykładu.

Eligiusz Pawłowski

Filtry w Komputerowych Systemach Pomiarowych

Filtr jest to fragment obwodu elektrycznego lub obwodu elektronicznego odpowiedzialny za przepuszczanie lub blokowanie sygnałów o określonym zakresie częstotliwości lub zawierającego określone harmoniczne.

Podstawowym zadaniem filtru jest stłumienie zakłóceń i przepuszczenie bez zniekształceń sygnału mierzonego, czyli polepszenie stosunku sygnału do szumu (***SNR***, ***S****ignal to* ***N****oise* ***R****atio*)

Stosunek sygnału do szumu SNR

Stosunek sygnału do szumu (***SNR***, ***S****ignal to* ***N****oise* ***R****atio*) jest to stosunek wartości skutecznej sygnału do wartości skutecznej szumu (zakłóceń).

Uwaga! Zastosowanie wzmacniacza nie polepsza stosunku sygnału do szumu ponieważ zakłócenia są wzmacniane w takim samym stopniu jak sygnał.

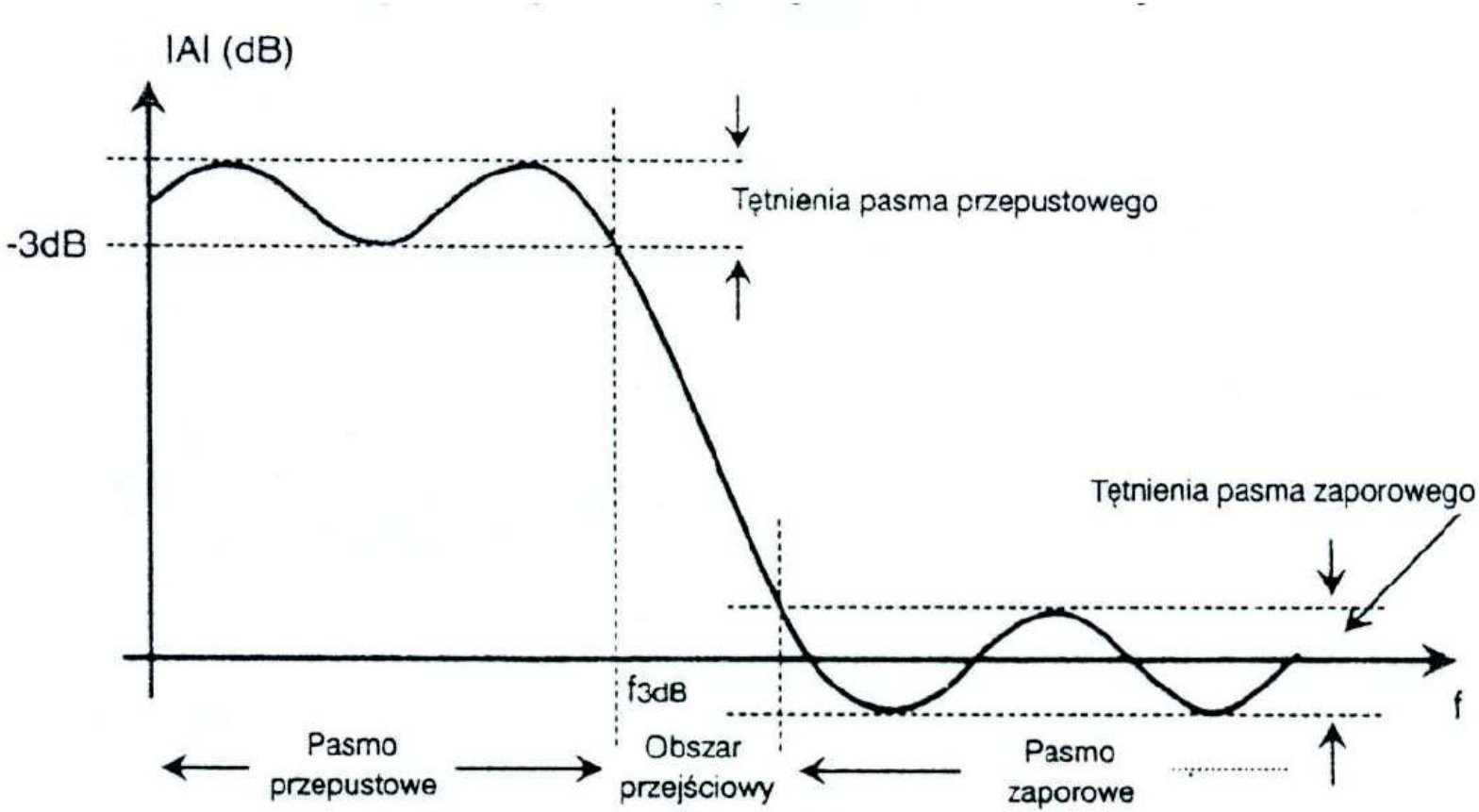
$$\mathrm{SNR} = 20\log_{10}\frac{U_{Sygn}}{U_{Szum}}$$

Polepszenie stosunku sygnału do szumu zapewnia tylko filtr o odpowiednio dobranej charakterystyce.

Rodzaje filtrów – możliwe podziały

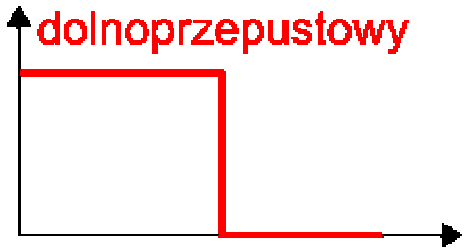
1. **Ze względu na technologię realizacji –** filtry analogowe i cyfrowe.
2. **Ze względu na stosowane elementy analogowe–** filtr pasywne i aktywne.
3. **Ze względu na stosowane algorytmy DSP –** filtry o skończonej odpowiedzi impulsowej i nieskończonej odpowiedzi impulsowej.
2. **Ze względu na charakterystykę –** filtry dolnoprzepustowe, górnoprzepustowe, środkowoprzepustowe, pasmowozaporowe.

Charakterystyka amplitudowa filtru

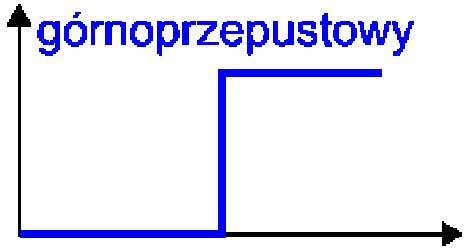


Charakterystyka filtru w paśmie przepustowym, przejściowym i zaporowym

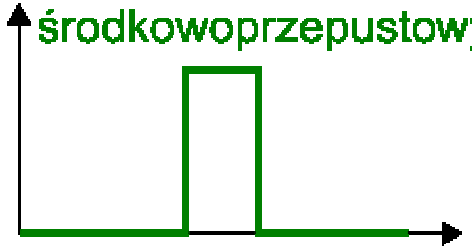
Podstawowe charakterystyki amplitudowe filtrów



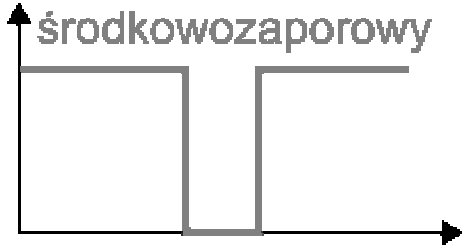
Eliminacja zakłóceń szybkozmiennych (sieć 50Hz) w pomiarach sygnałów wolnozmiennych (np. temperatura), filtry antyaliasingowe.



Eliminacja zakłóceń wolnozmiennych, np. dryfty temperaturowe.

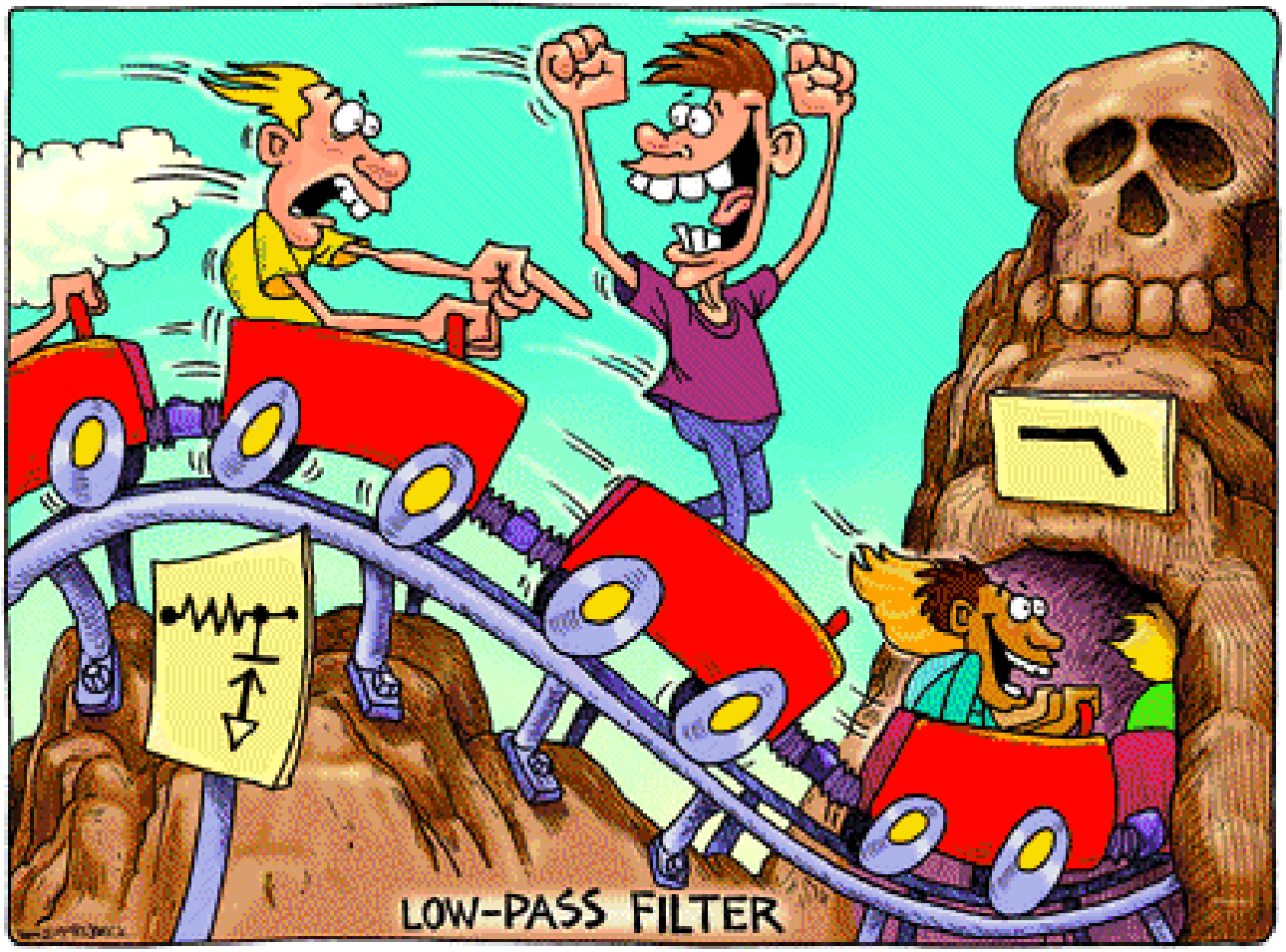


Do systemów z falą nośną modulowaną amplitudowo (AM).



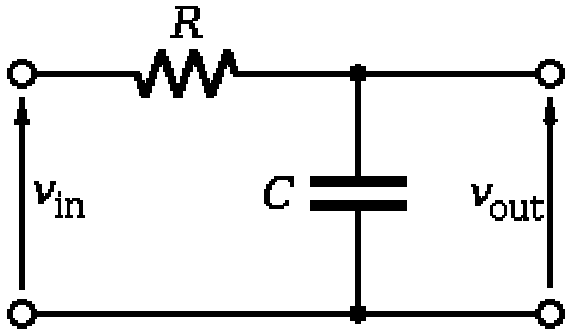
Eliminacja zakłóceń wąskopasmowych, np. zakłócenia sieciowe 50Hz

Filtr dolnoprzepustowy – najczęściej stosowany

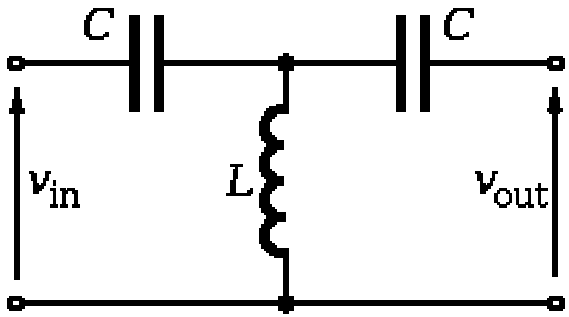


Zasada działania filtru dolnoprzepustowego – „obcinanie wysokich” częstotliwości.

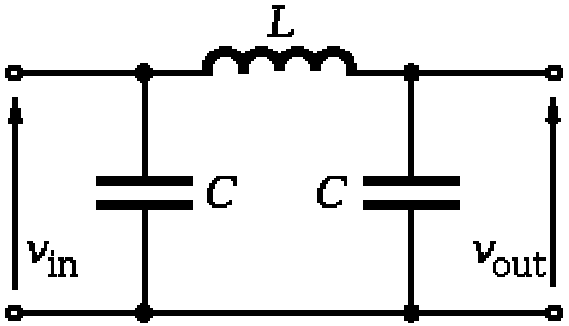
Przykładowe schematy filtrów pasywnych



Filtr RC dolnoprzepustowy typu Γ, stromość opadania charakterystyki -20dB/dekadę



Filtr LC górnoprzepustowy typu T

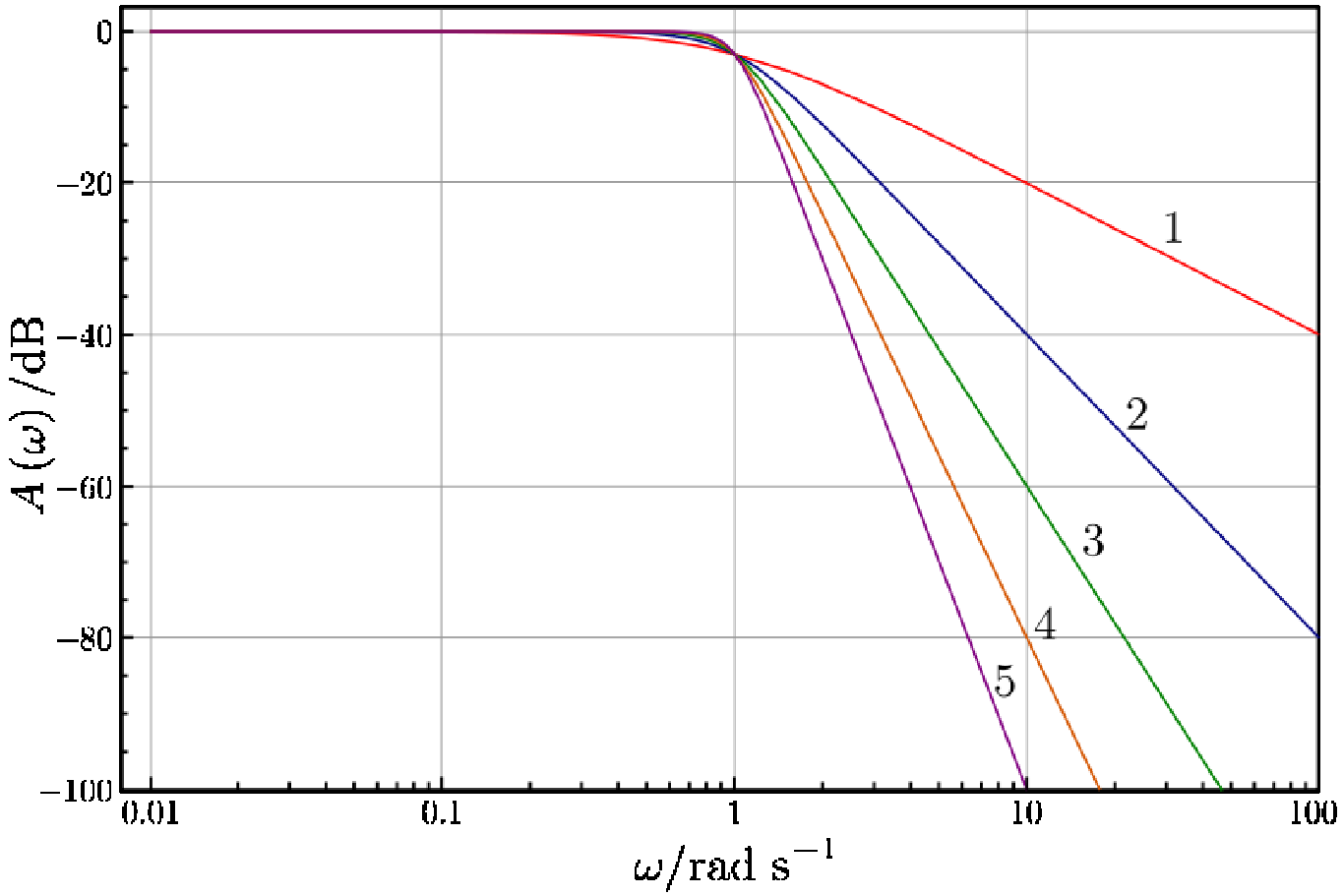


Filtr LC dolnoprzepustowy typu Π,

Podstawowe rodzaje filtrów - charakterystyki

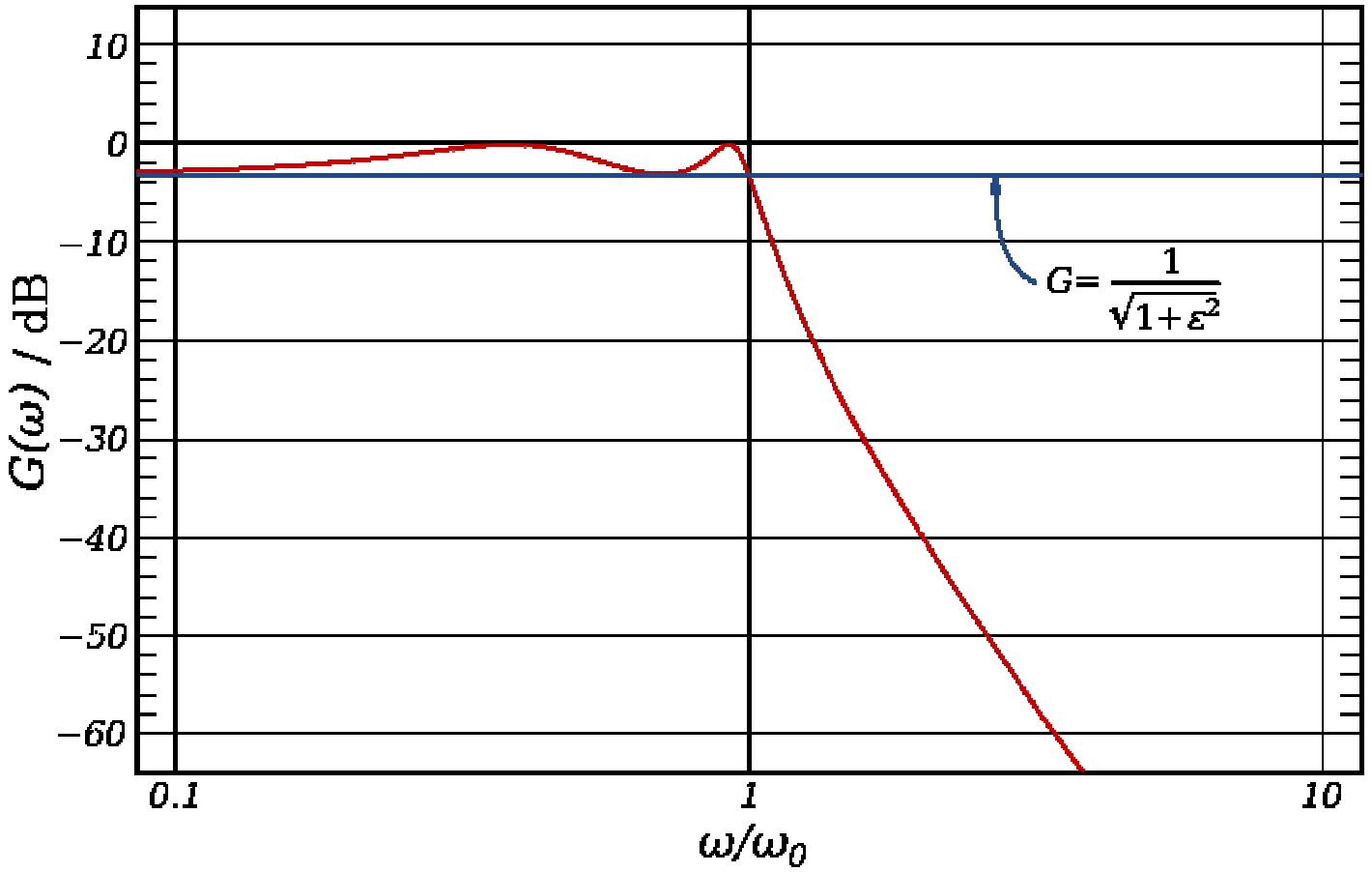
1. **Filtr Butterwortha –** filtr charakteryzujący się maksymalnie płaską charakterystyką amplitudową w paśmie przenoszenia.
2. **Filtr Czebyszewa–** filtr o maksymalnej stromości charakterystyki w paśmie przejściowym.
2. **Filtr Bessela –** filtr, w którym opóźnienie nie zależy od częstotliwości, tzn. w którym przesunięcie fazowe jest proporcjonalne do częstotliwości (maksymalnie płaska charakterystyka fazowa). Są to idealne właściwości do przenoszenia impulsów prostokątnych.
2. **Filtr Cauera (epliptyczne)–** filtr o wąskim paśmie przejściowym i dużym tłumieniu w paśmie zaporowym, duże zniekształcenia fazowe.

Przykładowe charakterystyki filtrów – filtr Butterwortha



Filtr Butterwortha – maksymalnie płaska charakterystyka w paśmie przenoszenia, stromość – n·20dB/dekadę dla filtru rzędu n.

Przykładowe charakterystyki filtrów – filtr Czebyszewa

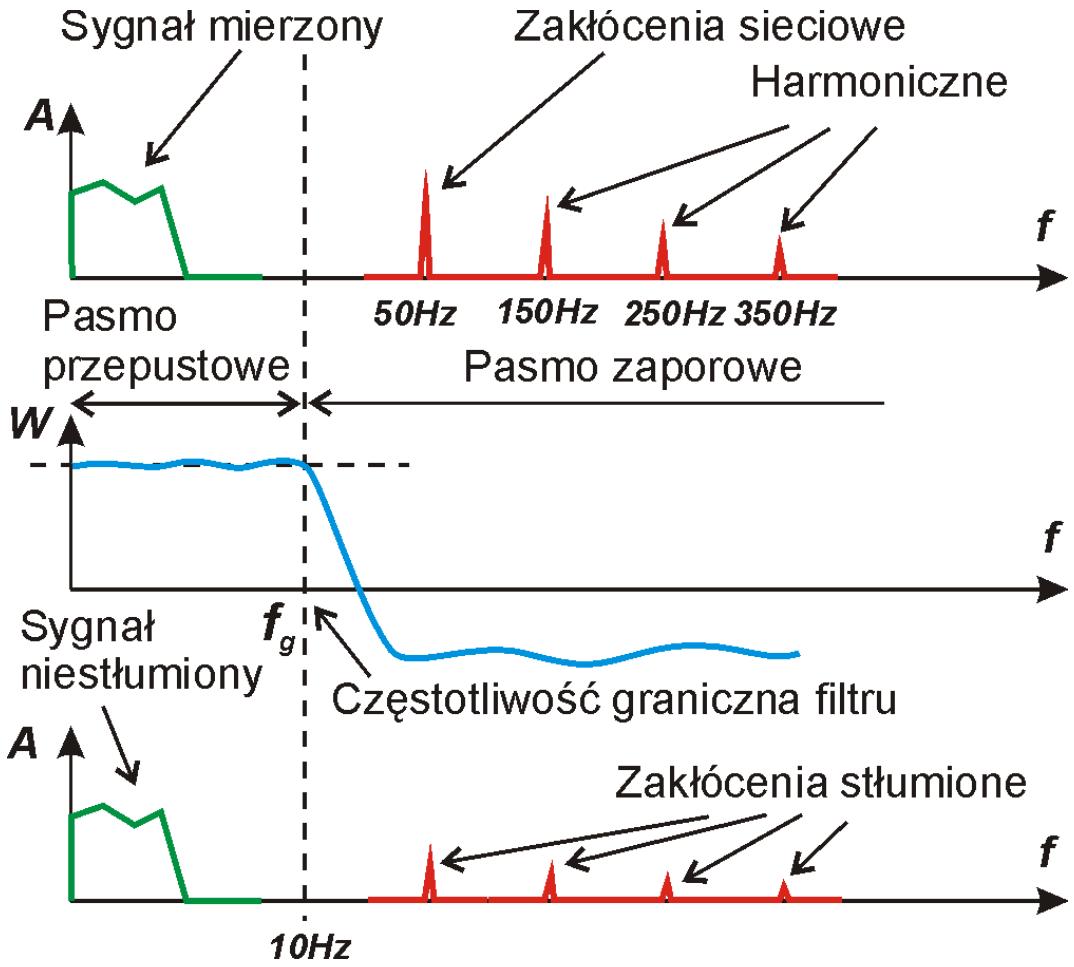


Filtr Czebyszewa – maksymalnie stroma charakterystyka w paśmie zaporowym (przykład 4-rzędu).

Najczęstsze zastosowania filtrów w systemach pomiarowych

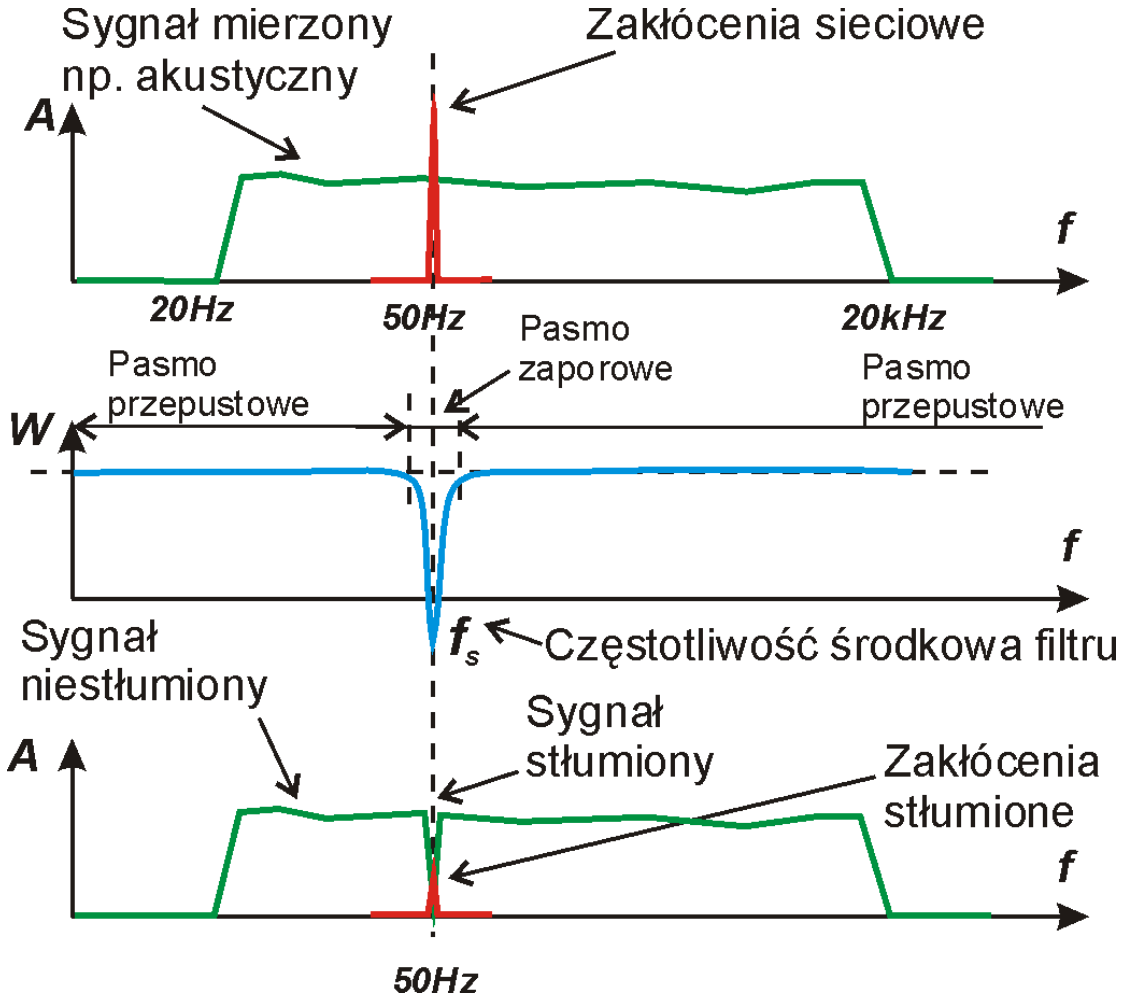
1. **Filtry dolnoprzepustowe -** przy pomiarach wielkości wolnozmiennych np. przy pomiarach temperatury do eliminacji zakłóceń sieciowych 50Hz z harmonicznymi i zakłóceń wysokoczęstotliwościowych (np. radiowych).
2. **Filtry pasmowozaporowe –** przy pomiarach sygnału zajmującego szerokie pasmo (np. dźwięk, wibracje) przy występowaniu zakłócenia wąskopasmowego (np. zakłócenia sieciowe 50Hz).
3. **Filtry pasmowoprzepustowe –** przy występowaniu zakłóceń szerokopasmowych (np. wibracje) przy pomiarach sygnałów wolnozmiennych z wykorzystaniem modulacji amplitudy AM sygnału nośnego.
4. **Filtry dolnoprzepustowe antyaliasingowe –** do eliminacji zjawiska aliasingu, zachodzenia pasma sygnału mierzonego na pasmo sygnału spróbkowanego.

Zastosowanie filtrów dolnoprzepustowych



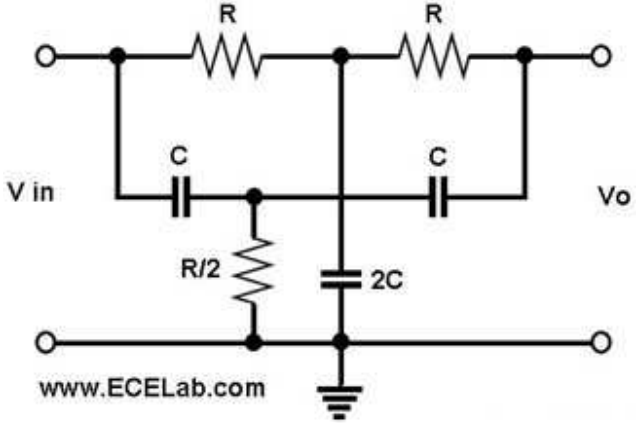
Filtry dolnoprzepustowe - przy pomiarach wielkości wolnozmiennych np. przy pomiarach temperatury do eliminacji zakłóceń sieciowych 50Hz z harmonicznymi i zakłóceń wysokoczęstotliwościowych (np. radiowych). Typowe pasmo przenoszenia do 4Hz lub 10Hz.

Zastosowanie filtrów pasmowozaporowych

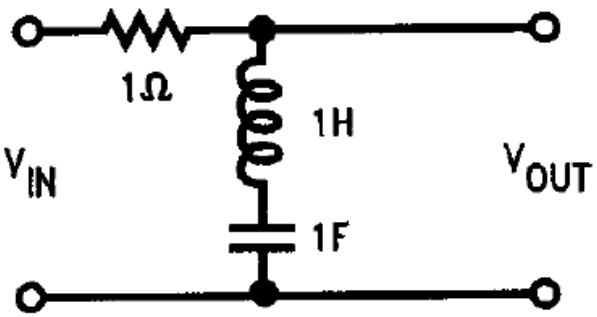


Filtry pasmowozaporowe – przy pomiarach sygnału zajmującego szerokie pasmo (np. dźwięk, wibracje) przy występowaniu zakłócenia wąskopasmowego (np. zakłócenia sieciowe 50Hz).

Zastosowanie filtrów pasmowozaporowych

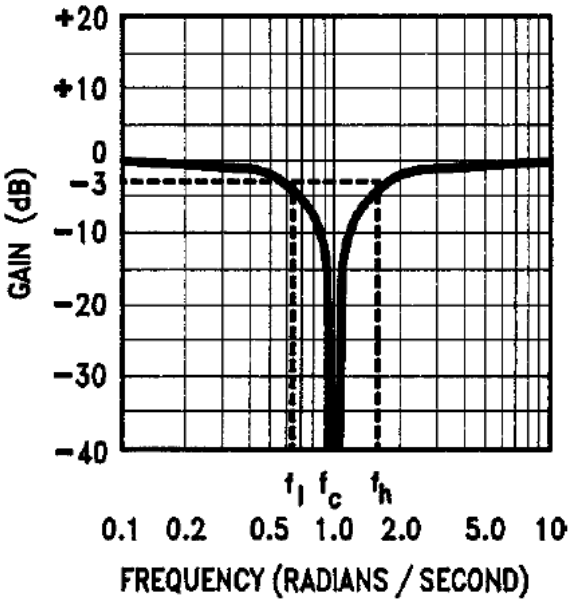


Filtr pasywny RC,
tzw. podwójne T



Filtr pasywny RLC

Charakterystyka
typu NOTCH



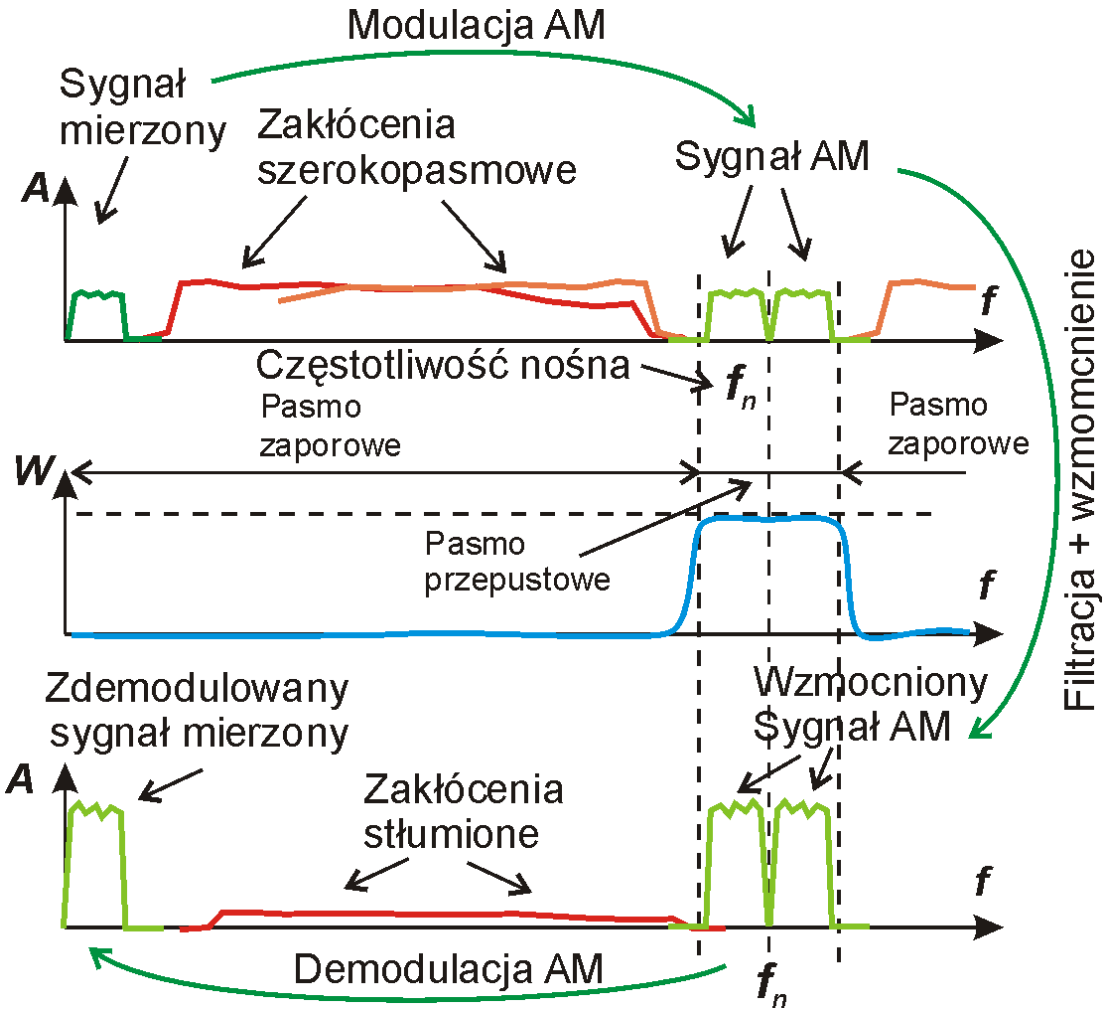
Systemy pomiarowe z modulacją AM

$$\sin\alpha \cdot \sin\beta = \frac{1}{2}[\cos(\alpha-\beta) - \cos(\alpha+\beta)]$$

$$A_{noś} \sin 2\pi f_{noś} t \cdot A_{syg} \sin 2\pi f_{syg} t =$$

$$= \frac{1}{2} A_{noś} \cdot A_{syg} [\cos 2\pi (f_{noś} - f_{syg}) t - \cos 2\pi (f_{noś} + f_{syg}) t]$$

Zastosowanie filtrów pasmowoprzepustowych



Filtry pasmowoprzepustowe – przy występowaniu zakłóceń szerokopasmowych (np. wibracje) przy pomiarach sygnałów wolnozmiennych z wykorzystaniem modulacji amplitudy AM sygnału nośnego.

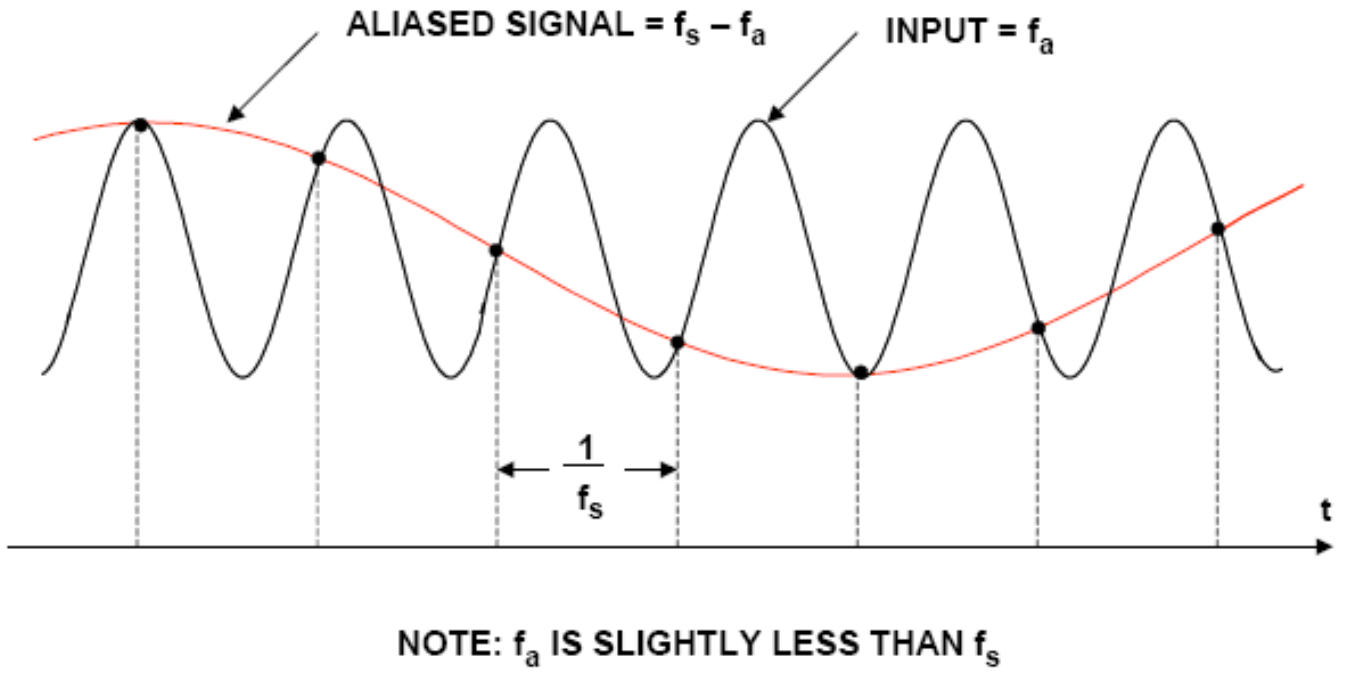
Zastosowanie filtrów dolnoprzepustowych antyaliasingowych

Częstotliwości próbkowania sygnału f_{samp}. powinna być co najmniej dwa razy większa od maksymalnej częstotliwość f_{maks} występującej w próbkowanym sygnale.

$$f_{samp.} \geq 2 \cdot f_{maks}$$

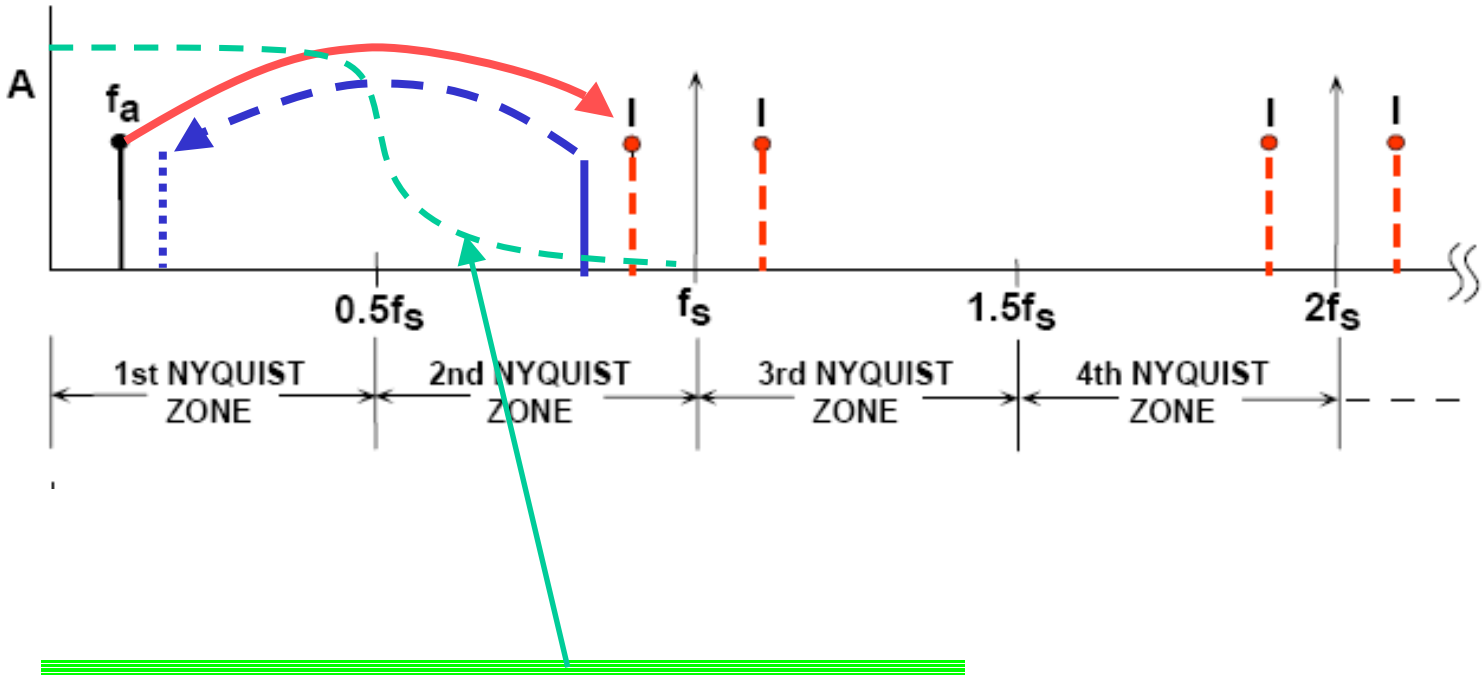
Maksymalna częstotliwość sygnału f_{maks} powinna być ograniczona do połowy częstotliwości próbkowania f_{samp}. sygnału, aby wyeliminować zjawisko zachodzenia pasma sygnału na pasmo sygnału spróbkowanego *(aliasing).*

Zastosowanie filtrów dolnoprzepustowych antyaliasingowych



Filtry dolnoprzepustowe antyaliasingowe – do eliminacji zjawiska aliasingu, zachodzenia pasma sygnału mierzonego na pasmo sygnału spróbkowanego.

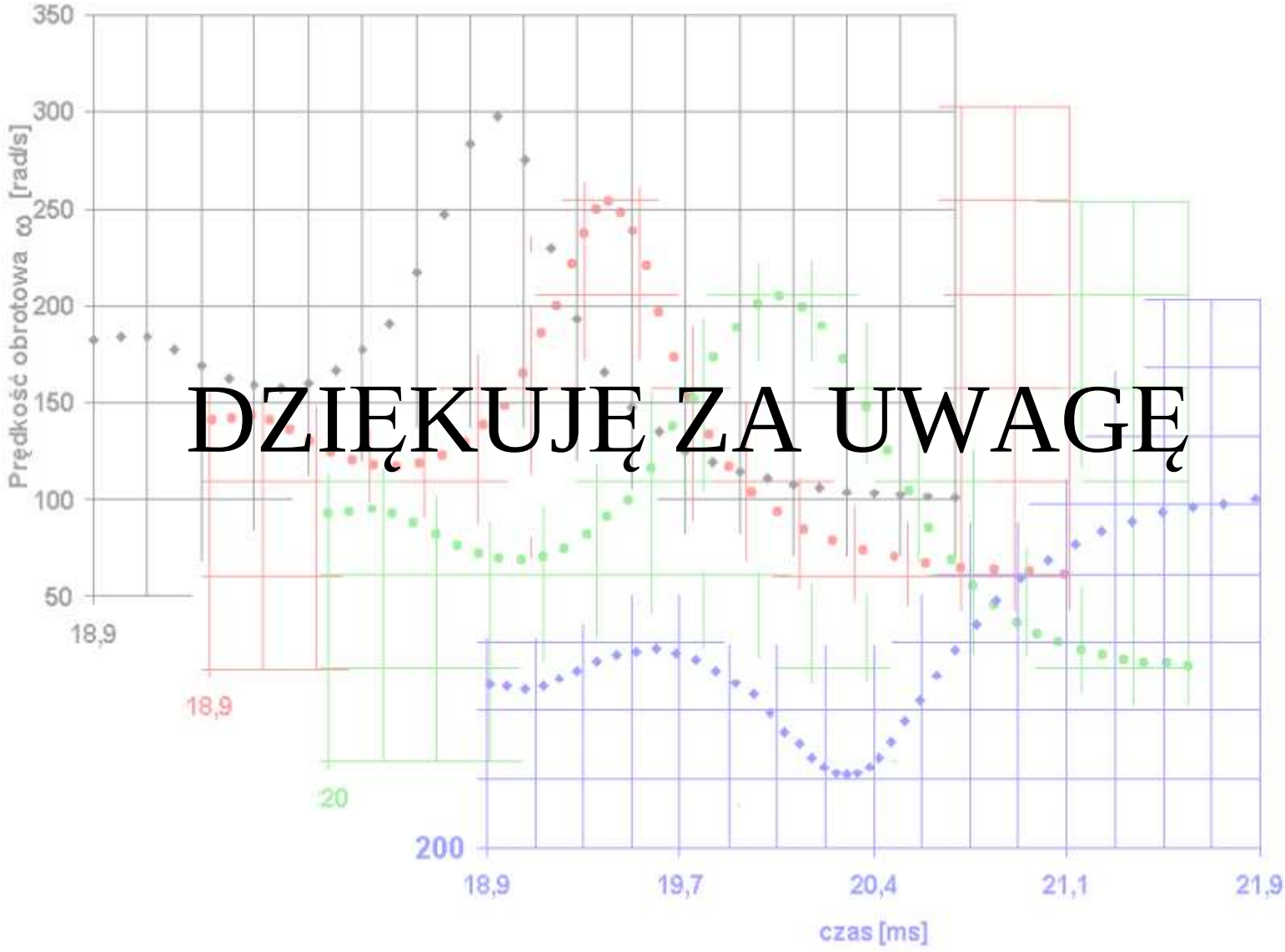
Zastosowanie filtrów dolnoprzepustowych antyaliasingowych



Filtry dolnoprzepustowe antyaliasingowe – do eliminacji zjawiska aliasingu, zachodzenia pasma sygnału mierzonego na pasmo sygnału spróbkowanego.

Podsumowanie

1. Głównym celem stosowania filtrów w systemach pomiarowych jest poprawienie stosunku sygnału do zakłóceń (szumu) - SNR.
2. Najczęściej wykorzystywane filtry mają charakterystyki: dolnoprzepustowe, pasmowozaporowe, pasmowoprzepustowe.
3. W praktyce stosowane są proste filtry dolnoprzepustowe RC, analogowe filtry aktywne oraz filtry cyfrowe.
4. Szczególną rolę pełnią dolnoprzepustowe filtry antyaliasingowe, muszą być one zrealizowane w technice analogowej i muszą znajdować się w torze pomiarowym przed przetwornikiem A/C. Filtry te nie mogą być wobec tego zrealizowane jako filtry cyfrowe..



DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ