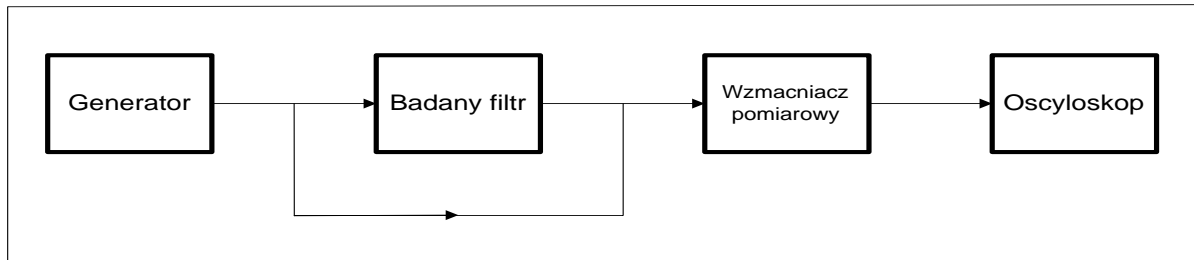


5. Badanie charakterystyki filtra

Na potrzeby studentów przygotowano kilka stanowisk ze sprzętem pomiarowym o podobnej konfiguracji. Elementy składowe każdego zestawu pokazano na schemacie blokowym (rysunek II.5.1). Niekiedy poszczególne elementy zestawu mogą znajdować się we wspólnej obudowie.



Rys. II.5.1 Schemat blokowy stanowiska laboratoryjnego.

Generator jest źródłem harmonicznego sygnału napięciowego o zadanej amplitudzie i częstotliwości (odczyt częstotliwości na wyświetlaczu cyfrowym). Wzmacniacz pomiarowy służy do precyzyjnego pomiaru amplitudy sygnału (bezpośrednio z generatora lub po przejściu przez filtr). Na ekranie oscyloskopu można obejrzeć kształt przebiegów czasowych.

Zadaniem każdego studenta jest zbadanie charakterystyki filtra oraz wykreślenie i interpretacja tej charakterystyki. Pojedyncze stanowisko laboratoryjne obsługuje dwóch studentów, którzy kolejno indywidualnie wykonują pomiary. Cykl pomiarów powinien trwać około 15 minut. Każdorazowo odczytuje się i notuje dwie wartości: częstotliwość sygnału i amplitudę napięcia na wyjściu filtra.

Minimalizację czasochłonności pomiarów ułatwia uporządkowanie czynności powtarzalnych. W tym celu proponuje się kolejno:

- ➔ Zmierzyć amplitudę sygnału wyjściowego generatora i sprawdzić, czy jest identyczna w szerokim zakresie częstotliwości;
- ➔ Określić pasmo przepustowe filtra (ustalić zakres częstotliwości, w którym amplituda sygnału po przejściu przez filtr ma najwyższy poziom), zapisując odczytane graniczne wartości dolnej i górnej częstotliwości oraz wartość skuteczną amplitudy napięcia;
- ➔ Zmierzyć amplitudy sygnału przefiltrowanego o częstotliwościach niższych od dolnej i wyższych od górnej częstotliwości granicznej w takim zakresie amplitud, by możliwe było sporządzenie wykresu charakterystyki filtra dla dynamiki 40 dB.

Po zakończeniu pomiarów należy obliczyć tłumienie filtra (w decybelach) dla wszystkich zmierzonych amplitud. Na tej podstawie sporządza się dwa wykresy charakterystyk: pierwszy z osią częstotliwości wyskalowaną liniowo, drugi - logarytmicznie.

Dalsza część ćwiczenia obejmuje interpretację uzyskanych rezultatów udokumentowaną sprawozdaniem. Pomiary i opracowanie wyników **każdy student wykonuje indywidualnie na zajęciach**. Sprawozdanie powinno zawierać wyniki pomiarów, dwa wykresy charakterystyki, oraz następujące parametry badanego filtra:

- ➔ Typ (stała lub stała względna szerokość pasma, inny) wraz z uzasadnieniem;
- ➔ Częstotliwość środkową;
- ➔ Szerokość pasma przepustowego ("trzydecybelową");
- ➔ Współczynnik kształtu;
- ➔ Rozdzielczość oktawa (ewentualnie oddzielnie dla każdego zbocza);
- ➔ Czas odpowiedzi;
- ➔ Przybliżoną "szumową" szerokość pasma przepustowego (wraz z przedstawieniem sposobu oszacowania).

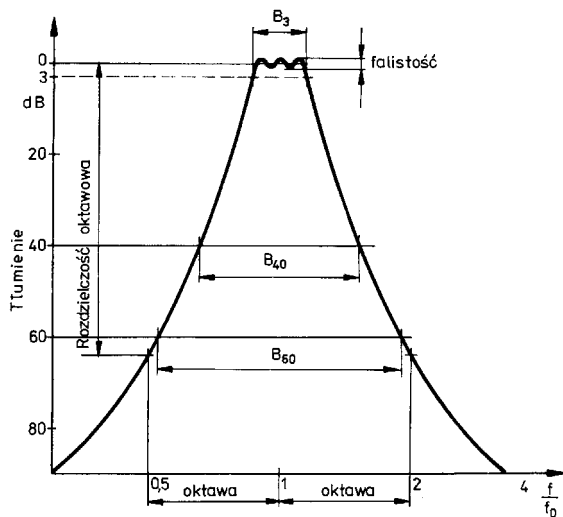
Uzyskanie oceny **dostatecznej** za wykonanie ćwiczenia jest uwarunkowane prawidłowym wykonaniem pomiarów, właściwym wykreśleniem charakterystyki dla liniowo i logarytmicznie zmieniających się wartości na osi częstotliwości, oraz poprawnym określeniem przynajmniej dwóch parametrów badanego filtra.

Do wykonania ćwiczenia niezbędna jest dobra znajomość materiału przedstawionego w pierwszej części podręcznika ze szczególnym uwzględnieniem rozdziału dotyczącego analizy widmowej.

Parametry filtrów

Na rysunku przedstawiono przykładową charakterystykę filtra, ilustrującą niektóre jego parametry. Jednym z nich jest zafalowanie charakterystyki w paśmie przepustowym. Na rysunku falistość przejaskrawiono celowo; w filtrach wysokiej klasy do profesjonalnych analiz ten parametr przyjmuje niewielką wartość - jest prawie niezauważalny.

Ze względu na kształt charakterystyki filtry pasmowo przepustowe mogą mieć stałą bądź stałą względną szerokością pasma, ewentualnie nie należeć do żadnej z dwóch wymienionych grup. Kształt charakterystyki filtra o stałej szerokości pasma jest symetryczny względem częstotliwości środkowej na wykresie z liniowo wyskalowaną osią częstotliwości; na wykresie



Rys. II.5.2 Parametry filtrów

z osią częstotliwości wyskalowaną logarytmicznie symetryczna jest charakterystyka filtra o stałej względnej szerokości pasma.

Częstotliwość środkową wyznacza się zależnie od typu filtra (jako średnią arytmetyczną lub geometryczną dolnej i górnej częstotliwości granicznej).

Do celów praktycznych użyteczne jest pojęcie "trzydecybelowego" pasma przepustowego (na rysunku oznaczonego jako

B_3). Filtr o tak zdefiniowanym paśmie przepustowym wytłumi więcej niż o 3 dB wszystkie składowe harmoniczne spoza zakresu między dolną a górną częstotliwością graniczną. Składowe wewnątrz "trzydecybelowego" pasma przepustowego są natomiast stłumione co najwyżej o 3 dB. Powszechne użycie pasma "trzydecybelowego" wynika z prostego sposobu określania - na przykład przez bezpośrednią interpretację charakterystyki.

Szerokość pasma przepustowego określa zdolność filtrów do wyodrębnienia z sygnału składowych o podobnym poziomie. Rozdzielczość natomiast jest to zdolność separacji składowych o różnych poziomach.

Podstawowym parametrem, od którego zależy rozdzielczość, jest współczynnik kształtu filtra. Współczynnik kształtu definiuje się jako stosunek szerokości pasma przepustowego o tłumieniu co najwyżej 60 dB do szerokości pasma "trzydecybelowego":

$$K_{60} = \frac{B_{60}}{B_3}$$

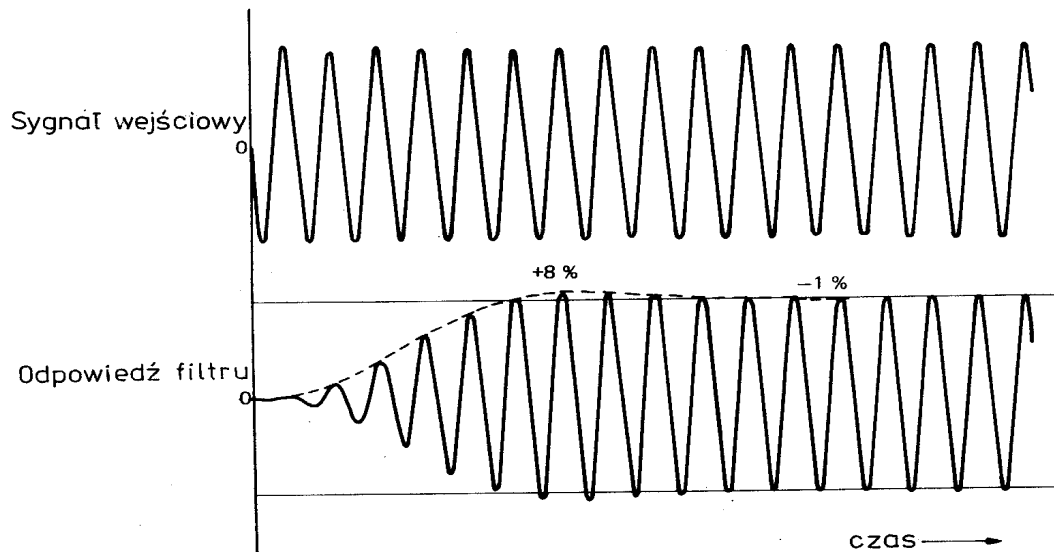
Jeśli dynamika analizatora jest mniejsza niż 60 dB stosuje się tak zwany „czterdziestodecybelowy” współczynnik kształtu określony następująco:

$$K_{40} = \frac{B_{40}}{B_3}$$

Rozdzielczość oktawowa, wyrażająca tłumienie w decybelach na oktawę, często jest podawana dla filtrów o stałej względnej szerokości pasma. W filtrach innego typu parametr ten może być różny po obu stronach pasma przepustowego i powinien być określany oddzielnie względem dolnej i górnej częstotliwości granicznej.

Kolejnym istotnym parametrem jest czas odpowiedzi filtra T_R . Jest to czas niezbędny dla prawidłowego przefiltrowania sygnału przy zadanej szerokości pasma. Parametr ten określa, jak szybko sygnał harmoniczny o częstotliwości wewnątrz pasma przepustowego osiągnie swoją amplitudę po przejściu przez filtr (rysunek II.5.3).

Dla większości stosowanych w praktyce filtrów zależność między szerokością pasma przepustowego a czasem odpowiedzi dana jest wzorem:



Rys. II.5.3 Odpowiedź typowego filtra trójfazowego.

$$B \cdot T_R \approx 1$$

Powyższe oznacza, że czas pomiaru przefiltrowanego sygnału musi być odwrotnie proporcjonalny do szerokości filtra. Innymi słowy, analiza wąskopasmowa będzie trwała dłużej od szerokopasmowej.

Pojęcie "szumowego" pasma przepustowego znajduje zastosowanie głównie w analizach przebiegów losowych. Szumowe pasmo przepustowe filtra rzeczywistego to taki przedział częstotliwości, że energia białego szumu po przejściu przez filtr jest równa energii tego samego sygnału przefiltrowanego równoważnym filtrem idealnym. Inaczej mówiąc, całki po krzywych tworzących charakterystyki filtrów rzeczywistego i idealnego będą równe.

W praktyce istotne różnice między pasmem "szumowym" i "trzydecybelowym" występują jedynie dla filtrów o niewielkiej rozdzielczości.