

Elektronika w eksperymencie fizycznym		Rok akademicki 2012-2013
Środa 14.15-17.00	Justyna Ilczuk Jacek Rosiński	Wykonane w dniu 10.04.2013
Ćwiczenie 7	Filtry	Ocena:

1 Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia było: zbadanie własności filtrów i zbudowanie własnego filtra według wcześniej stworzonego projektu i przetestowanie jego parametrów i charakterystyk.

2 Użyty sprzęt i układy pomiarowe

Hardware:

- komputer PC
- Elvis II+
- kondensatory 10 nF
- wzmacniacz operacyjny OPA2340
- potencjometry cyfrowe

Software:

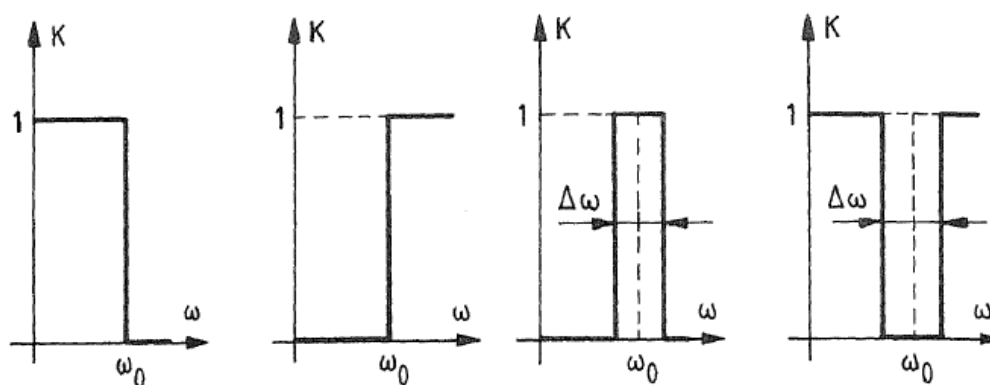
- oprogramowanie od National Instruments do pomiarów na Elvisie
- oprogramowanie do ustalania wartości na potencjometrach cyfrowych

3 Wstęp teoretyczny

Filtrem elektrycznym możemy nazwać każdy układ elektroniczny, który może modyfikować sygnał wejściowy. Najczęściej stosuje się filtry do wygaszania częstotliwości, których nie chcemy widzieć w układach. Z grubsza filtry można podzielić na:

- dolnoprzepustowe (lowpass)
- górnoprzepustowe (highpass)
- środkowoprzepustowe (bandpass)
- środkowozaporowe (bandstop)

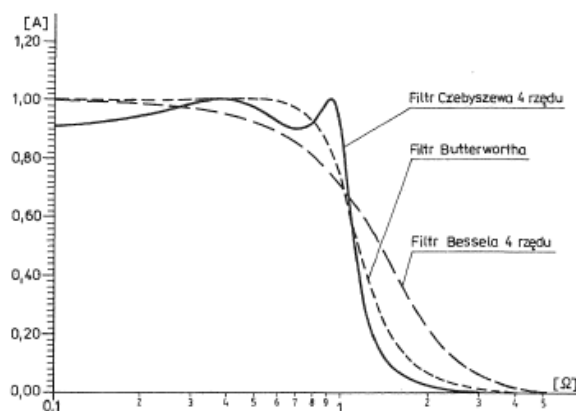
Wyidealizowane działanie tych filtrów przedstawiona na poniższym obrazku zaczerpniętym ze skryptu „Ćwiczenia laboratoryjne z elektorniki”.



Rysunek 1: Wyidealizowane charakterystyki różnych typów filtrów elektrycznych

Część charakterystyki, która jest przepuszczana to **pasmo przenoszenia filtru**, natomiast ta część tłumiona jest nazywana **pasmem zaporowym**. Dla filtrów górno i dolnoprzepustowych definiuje się także częstotliwość graniczną ω_g , dla której wzmocnienie filtru spada o 3dB. Zaś dla filtrów środkowoprzepustowych i zaporowych określamy częstotliwość środkową ω_0 i pasmo filtru $\Delta\omega$, których stosunek to tak zwana dobroć $Q = \frac{\omega_0}{\Delta\omega}$.

W doświadczeniu mieliśmy okazję zapoznać się z kilkoma rodzajami filtrów. Ich przykładowe charakterystyki przedstawiam na poniższym rysunku, zaczerpniętego ze skryptu „Ćwiczenia laboratoryjne z elektorniki”.

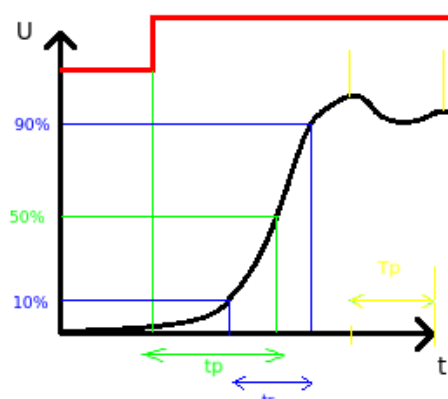


Rysunek 2: Przykładowe charakterystyki filtrów

W zależności od oczekiwanych przez nas efektów w układach możemy stosować odpowiednie filtry. Chcąc uzyskać najbardziej płaską charakterystykę w paśmie przenoszenia stosujemy filtry dające charakterystykę Butterwortha. Aby zapewnić maksymalne tłumienie w paśmie zaporowym bierzemy pod uwagę charakterystykę Czebyszewa. Jej wadą jest to, że ma zniekształcone pasmo przenoszenia. Inne właściwości ma z kolei charakterystyka Bessela, która zapewnia maksymalnie spłaszczoną charakterystykę opóźnienia grupowego, a także najmniej

zniekształca sygnał w paśmie przenoszenia. Jego wadą jest jedynie słabe tłumienie w paśmie zaporowym.

W naszych układach mieliśmy też przyjemność zaobserwować charakterystykę przebiegów przejściowych, na podstawie sygnału skokowego. Wygląda ona mniej więcej tak jak ta pod spodem.



Rysunek 3: charakterystyka Układu w odpowiedzi na sygnał skokowy

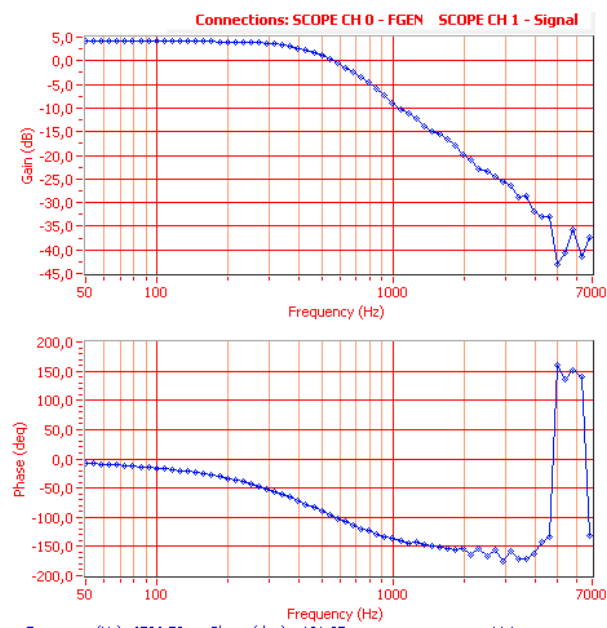
Gdzie t_p - czas opóźnienia, to czas po jakim sygnał osiąga 50 % swojej wartości. t_r - czas narastania, to czas wzrostu odpowiedzi z 10% do 90%. U_p to maksymalne przeregulowanie, które określa stabilność względną układu. Duża wartość tego parametru jest raczej niepożądana. T_p - czas ustalania, to czas potrzebny do tego, aby przejściowa odpowiedź skokowa pozostała w pewniej określonej strefie dokładności od wartości ustalonej - do ok 5%.

Dzięki analizatorowi Bodego obserwowaliśmy też charakterystyki fazowe i amplitudowe naszych układów. Dzięki temu możemy policzyć zmiany fazy w czasie, co da nam funkcję $t_d(f)$ - opóźnienia grupowego dla danego układu.

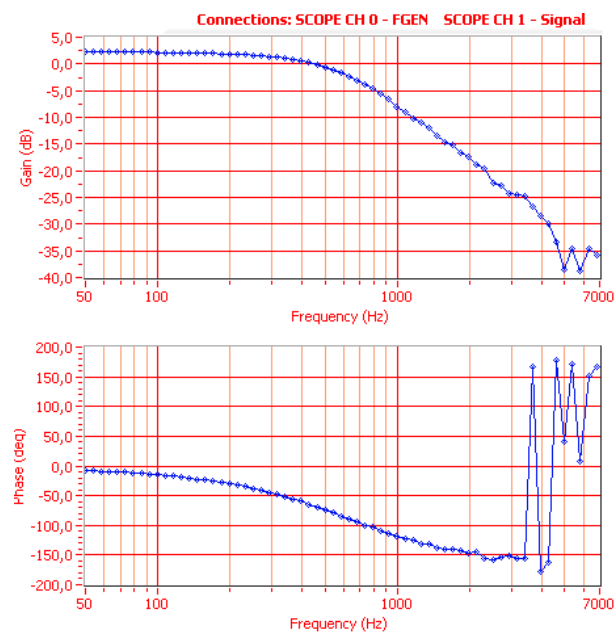
$$t_d(f) = -\frac{d\varphi}{df}$$

4 Charakterystyki amplitudowe bodego

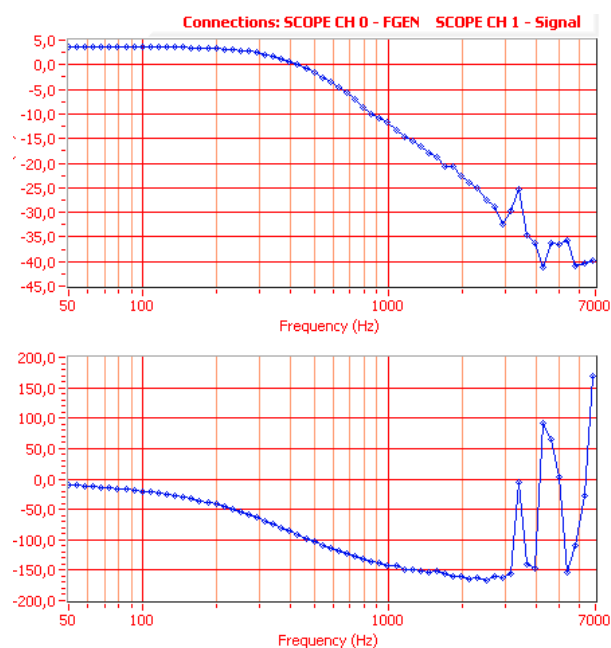
Poniżej przedstawiamy charakterystyki amplitudowe i fazowe trzech filtrów drugiego stopnia, które zbudowaliśmy.



Rysunek 4: filtr Butterwortha

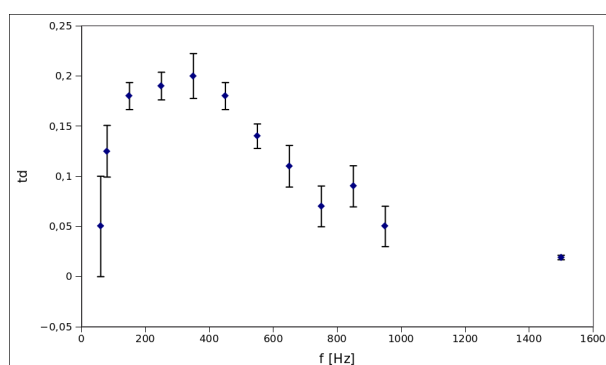


Rysunek 5: filtr Bessela

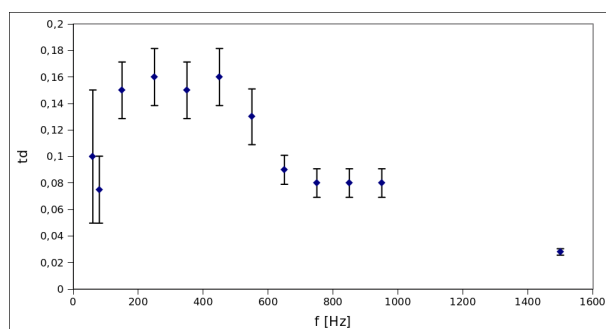


Rysunek 6: filtr Czebyszewa

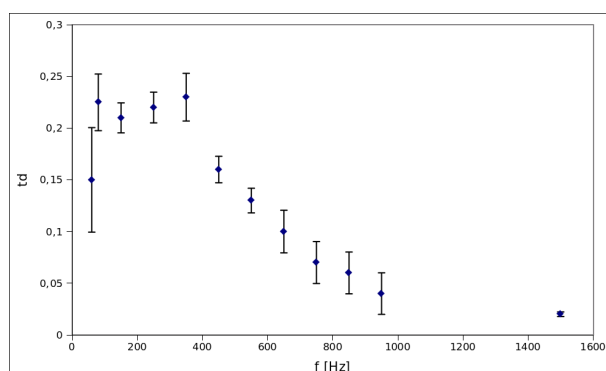
Możemy na podstawie tych charakterystyk stwierdzić, że właściwości jakie przewidywaliśmy we wstępie są zdecydowanie potwierdzone drogą doświadczalną. Nie będziemy więc ich przepisywać. Na podstawie wykresów fazowych wykreśliliśmy wykresy opóźnienia grupowego. Niepewności powstałe w ten sposób są duże ze względu na spore niedokładności w odczycie z ekranu wartości, też skończonej gruności krzywej z analizatora Bodego.



Rysunek 7: Opóźnienie grupowe filtru Butterwortha



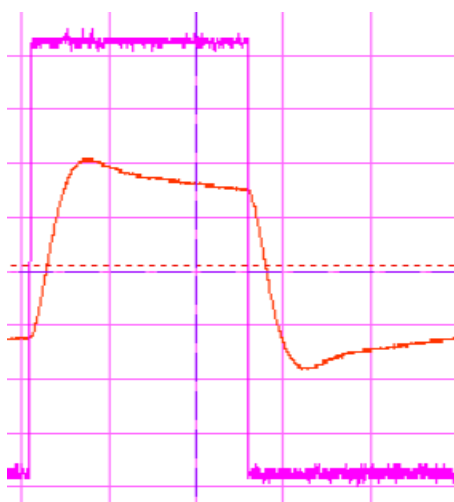
Rysunek 8: Opóźnienie grupowe filtru Bessela



Rysunek 9: Opóźnienie grupowe filtru Czebyszewa

Mimo dużych niepewności, widać z tych wykresów, dobrze przy jakich częstotliwościach opóźnienie jest najwyższe. Co także daje do myślenia przy projektowaniu filtrów.

5 Odpowiedzi na skok jednostkowy



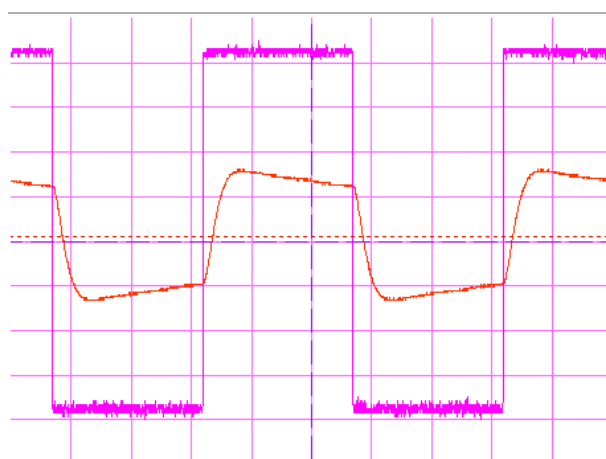
Rysunek 10: filtr Butterwortha

Wartości wyznaczone dla tych charakterystyk:

$$t_r = 0,6ms$$

$$t_p = 0,33ms$$

$$U_p = 33,3 \%$$



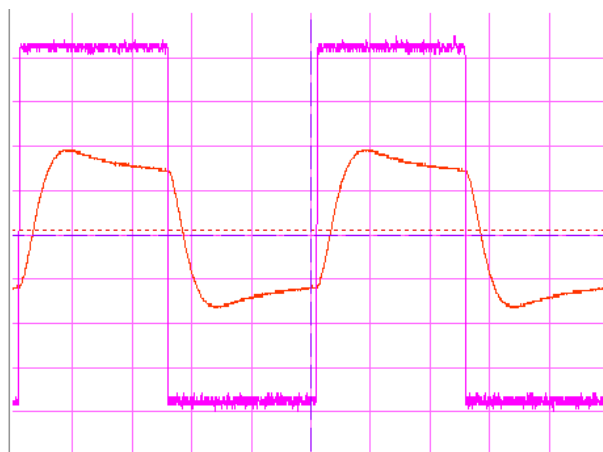
Rysunek 11: filtr Bessel'a

Wartości wyznaczone dla tych charakterystyk:

$$t_r = 0,55ms$$

$$t_p = 0,3ms$$

$$U_p = 25 \%$$



Rysunek 12: filtr Czebyszewa

Wartości wyznaczone dla tych charakterystyk:

$$t_r = 0,75ms$$

$$t_p = 0,35ms$$

$$U_p = 28,6 \%$$

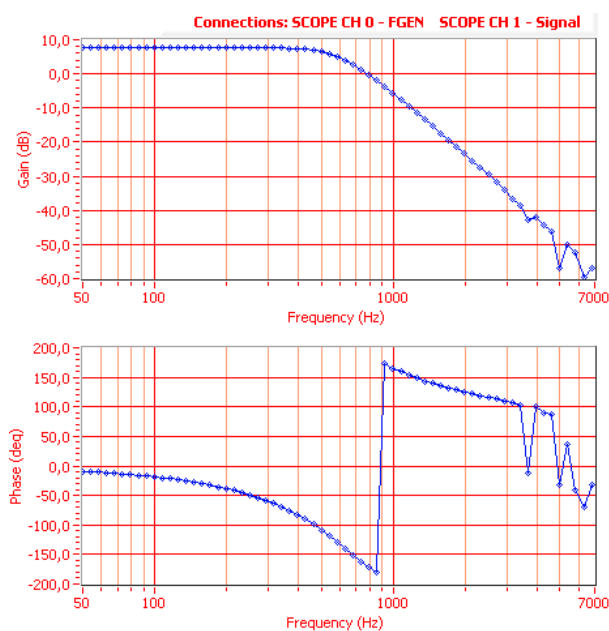
6 Projekt filtru

6.1 Obliczenia

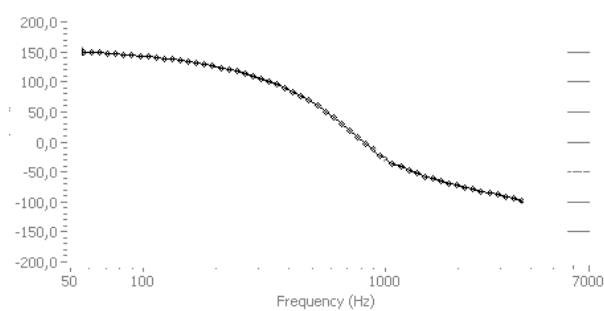
Obliczenia i wykreślone charakterystyki dołączamy jako osobny załącznik pod nazwą projekt filtru.

Znajdują się tam wszystkie niezbędne informacje.

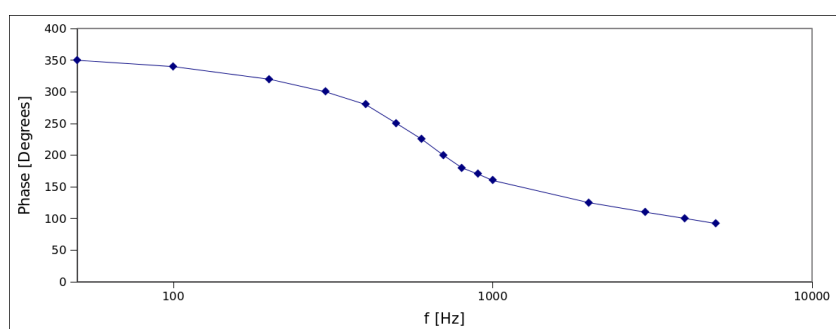
6.2 Zmierzona charakterystyka



Rysunek 13: charakterystyka amplitudowa i fazowa filtra Butterworth'a trzeciego rzędu

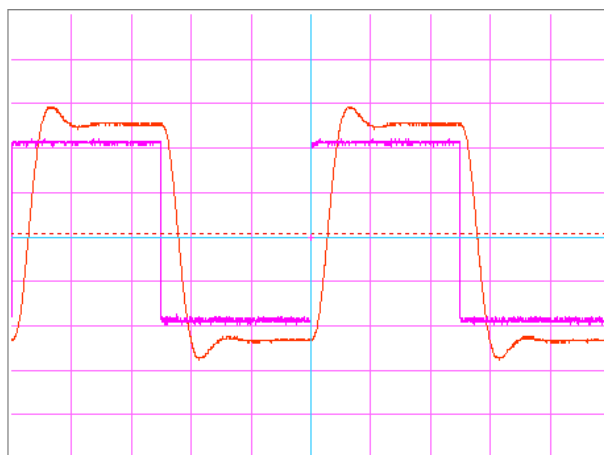


Rysunek 14: przeklejona charakterystyka fazowa filtra Butterworth'a trzeciego rzędu



Rysunek 15: Krzywa fazowa filtra Butterworth'a trzeciego rzędu narysowana w programie Gnumeric

Możemy zaobserwować, że te rysunki całkiem dobrze obrazują wyliczone przez nas teoretycznie krzywe.



Rysunek 16: Odpowiedź na skok jednostowy filtra Butterworth'a trzeciego rzędu

Wartości wyznaczone dla tych charakterystyk:

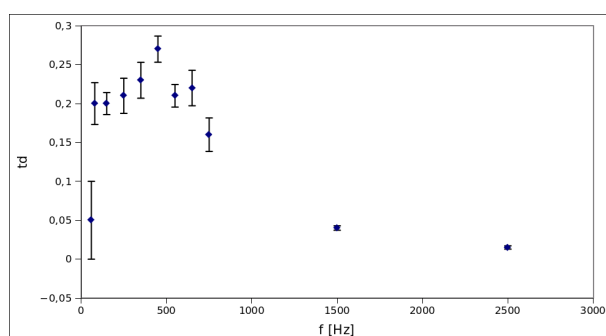
$$t_r = 0,47ms$$

$$t_p = 0,24ms$$

$$U_p = 15,7\%$$

Tym razem możemy też zaobserwować T_p . Na poprzednich odpowiedziach na skok jednostkowy nie dało się zaobserwować tego.

$$T_p = 1,25ms$$



Rysunek 17: Opóźnienie grupowe filtra Butterwortha trzeciego rzędu

7 Dyskusja niepewności

Niepewności które wpływały na wyniki pochodziły głównie z odczytu danych „na oko (też linijką) z ekranu”. Dla charakterystyk opóźnienia grupowego niepewności wyznaczane metodą

różniczki zupełnej były największe dla najmniejszych częstotliwości, stąd otrzymano „grabie” w początkowych częściach wykresów. Z otrzymanych charakterystyk Bodego wynika również, że dla większych częstotliwości tak prymitywne układy są bardzo niestabilne.

8 Wnioski

- Jak można zaobserwować, wyniki doświadczalne potwierdziły nasze rozważania poprzedzające laboratoria.
- Nie w każdym układzie czas ustalenia był jasny do odczytu toteż nie podawaliśmy tej wartości w takich przypadkach.
- Niepewności uzyskane przez nas są bardzo duże. aby je zmniejszyć powinniśmy posługiwać się lepszym źródłem odczytu. Na przykład zapisywać dane od razu z analizatora Bodego, poprzez komputerowe przesuwanie kursora, co zaoszczędziło by niepewności związanych z liniijką ekranową, jednak dane są opracowywane po zajęciach.
- Obsługa platformy git, przez którą się staraliśmy kontaktować to niebanalna sprawa.