

Ryszard Kostecki

Badanie własności filtru
rezonansowego,
dolnoprzepustowego i
górnoprzepustowego

Streszczenie

Celem tej pracy jest zbadanie własności filtrów rezonansowego, dolnoprzepustowego, oraz górnoprzepustowego, głównie pod względem charakterystyki amplitudowo-fazowej.

Słowo o oznaczeniach

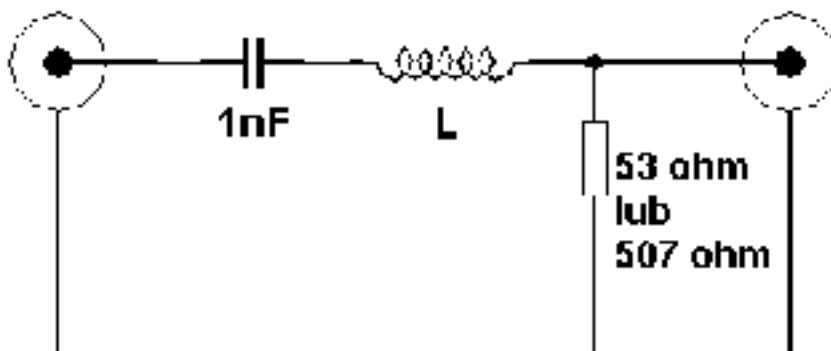
U_{we} oznaczać będzie amplitudę napięcia podawanego do badanego obwodu, **U_{wy}** amplitudę napięcia na wyjściu z obwodu, **w** częstotliwość zmian napięcia, **φ** przesunięcie fazowe pomiędzy U_{we} i U_{wy}, a **R, L i C** odpowiednio rezystancję, indukcyjność i pojemność.

Realizacja techniczna

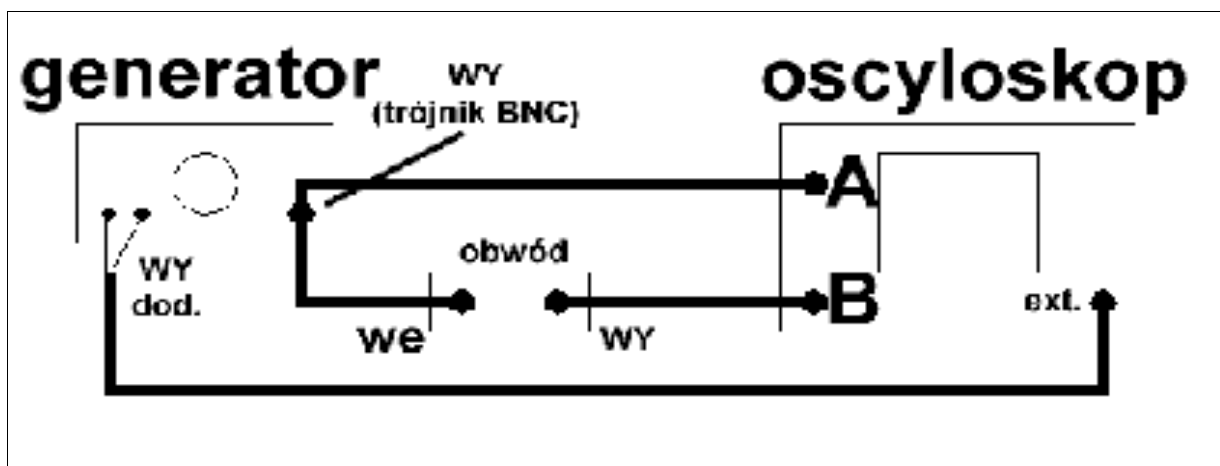
Do przeprowadzenia doświadczenia użyłem dwóch oporników, jednego o rezystancji $R = (53 \pm 1) \Omega$, drugiego o rezystancji $R = (507 \pm 1) \Omega$ (wartości te zmierzyłem multimetrem cyfrowym). Ponadto użyłem też cewki oraz kondensatora o pojemności nominalnej $C = 1 \text{ nF}$ (bez podanej dokładności), płytki montażowej, kilku przewodów, oraz generatora generującego sygnał prostokątny i oscyloskopu.

Doświadczenie rozpocząłem od pomiaru R obydwu oporników za pomocą multimetru cyfrowego, po czym zlutowałem obwód - filtr rezonansowy, zgodnie ze schematem zamieszczonym na rysunku 1, po czym zmontowałem układ pomiarowy zawierający ten obwód (przedstawiony jest on na rysunku 2). Oscyloskop oczywiście został uprzednio skalibrowany, a jego podstawa czasu została zsynchronizowana zewnętrznie z dodatkowego wyjścia generatora.

Rysunek 1



Rysunek 2



Po tych niezbędnych czynnościach wstępnych przeprowadziłem pomiary charakterystyki amplitudowej (stosunku $U_{we}(w)/U_{wy}(w)$) i fazowej $f_i(w)$ dla obwodu, w pierw z opornikiem o rezystancji $R = (53 \pm 1) \Omega$, następnie o rezystancji $R = (507 \pm 1) \Omega$. Pomiary przeprowadziłem w pełnym zakresie w , na jaki pozwalał od góry generator napięcia, a od dołu zniekształcenie kształtu krzywej. Oczywiście krzywa napięcia podawanego do obwodu miała charakter sinusoidalny w funkcji czasu. W okolicach częstości rezonansowej zagęściłem punkty pomiarowe. Po tych pomiarach badany obwód przelutowałem do postaci obwodu różniczkującego z opornikiem o rezystancji $R = (507 \pm 1) \Omega$ (patrz: rysunek 3). Dla tego obwodu przebadalem charakterystykę amplitudowo-fazową (analogicznie jak dla filtra rezonansowego), ale także zarejestrowałem odpowiedź układu dla sygnału prostokątnego, oraz trójkątnego, przy czym zbadałem zarówno reakcję układu dla częstości dużo mniejszej i dużo większej od częstotliwości granicznej obwodu. Po zakończeniu powyższej procedury powtórzyłem ją dla układu całkującego (złutowanego uprzednio zgodnie ze schematem zamieszczonym na rysunku 3).

Rysunek 3



Wyniki pomiarów

filtr rezonansowy, $R = 53 \text{ ohm}$

f [1 MHz]	f_i	U _{we} [V]	U _{wy} [V]	U _{wy} /U _{we}
1,5625	2,356194	5	0,027	0,0054
0,446429	1,458597	5	0,08	0,016
0,169492	1,384431	4,7	0,5	0,106383
0,185185	1,512619	4,6	0,76	0,165217
0,147059	0	3,2	1,9	0,59375
0,131579	0	3,2	1,8	0,5625
0,102041	-1,15405	4,7	0,45	0,095745
0,09434	-1,30406	4,7	0,315	0,067021
0,046296	-1,33809	4,7	0,094	0,02
0,017544	-1,32278	4,7	0,036	0,00766

filtr rezonansowy, $R = 507 \text{ ohm}$

f [1 MHz]	f_i	U _{we} [V]	U _{wy} [V]	U _{wy} /U _{we}
1,041667	1,963495	5,2	0,235	0,045192
0,47619	1,645596	5	0,76	0,152
0,2	1,00531	4,7	3,25	0,691489
0,16129	0,304025	4,5	4,2	0,933333
0,142857	0	4,5	4,5	1
0,131579	-0,41337	4,5	3,8	0,844444
0,106383	-0,80211	4,6	2,8	0,608696
0,090909	-0,74256	4,5	2,5	0,555556
0,046296	-1,16355	4,6	0,9	0,195652
0,017857	-1,2903	4,7	0,335	0,071277
0,009434	-1,24478	4,7	0,18	0,038298

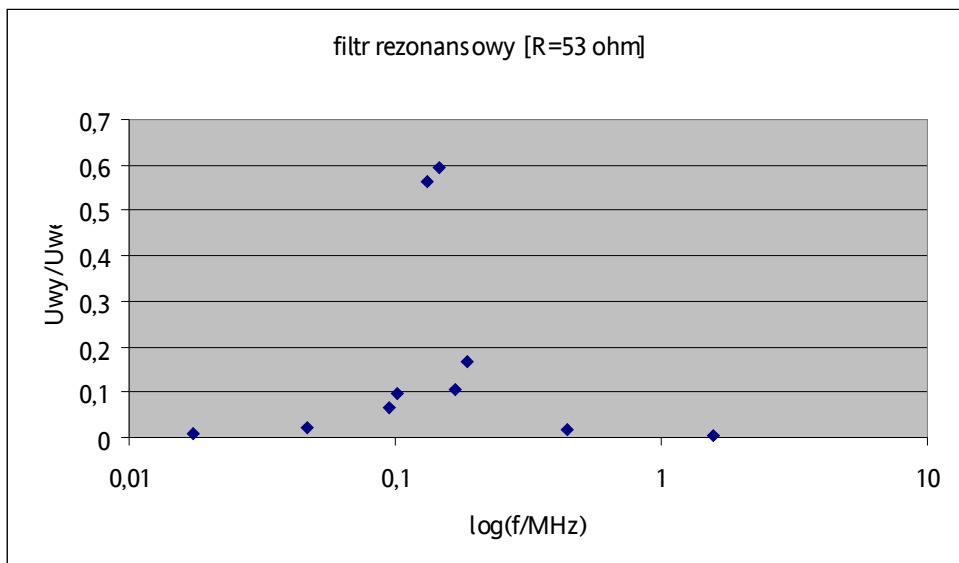
filtr gómprzepustowy, $R = 507 \text{ ohm}$

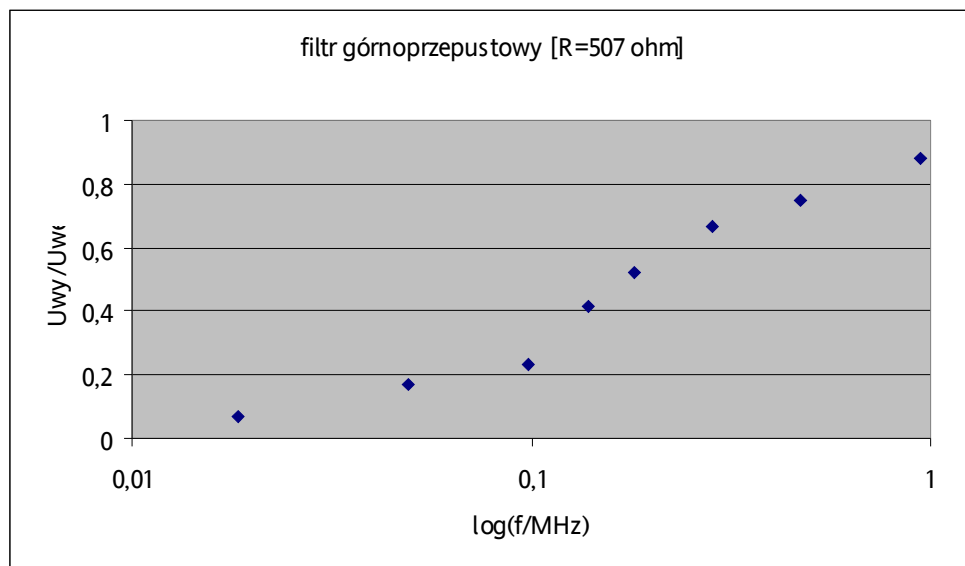
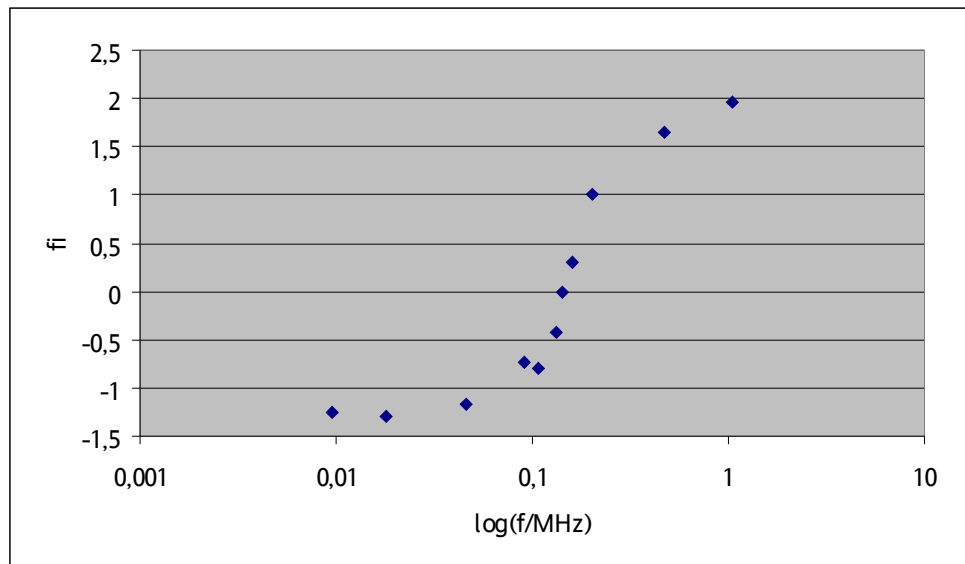
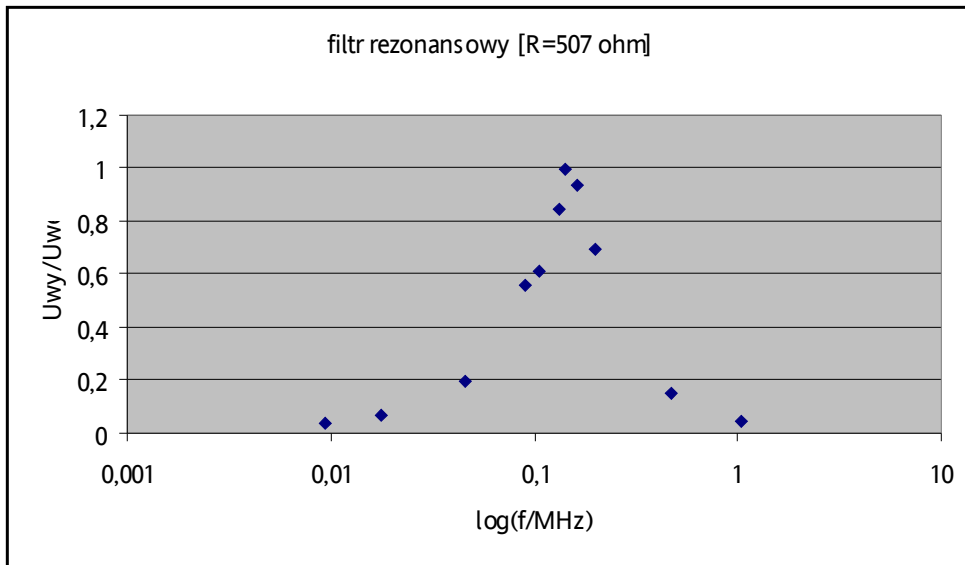
f [1 MHz]	fi	Uwe [V]	Uwy [V]	Uwy/Uwe
0,943396	0,237101	2,5	2,2	0,88
0,471698	0,474203	2,4	1,8	0,75
0,285714	0,718078	2,4	1,6	0,666667
0,181818	0,856798	2,4	1,25	0,520833
0,138889	1,047198	2,4	1	0,416667
0,098039	1,170397	2,4	0,56	0,233333
0,04902	1,355197	2,4	0,4	0,166667
0,018519	1,512619	2,4	0,16	0,066667

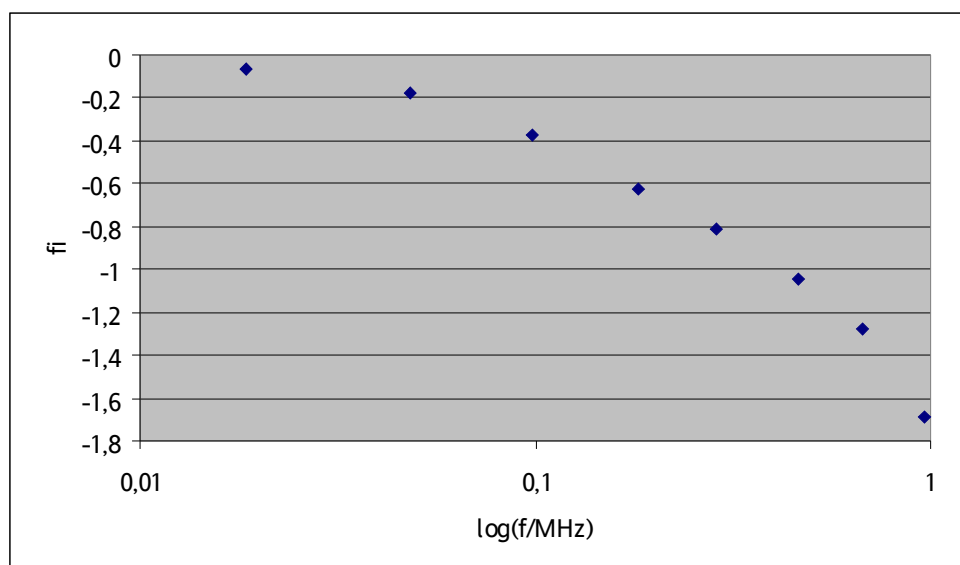
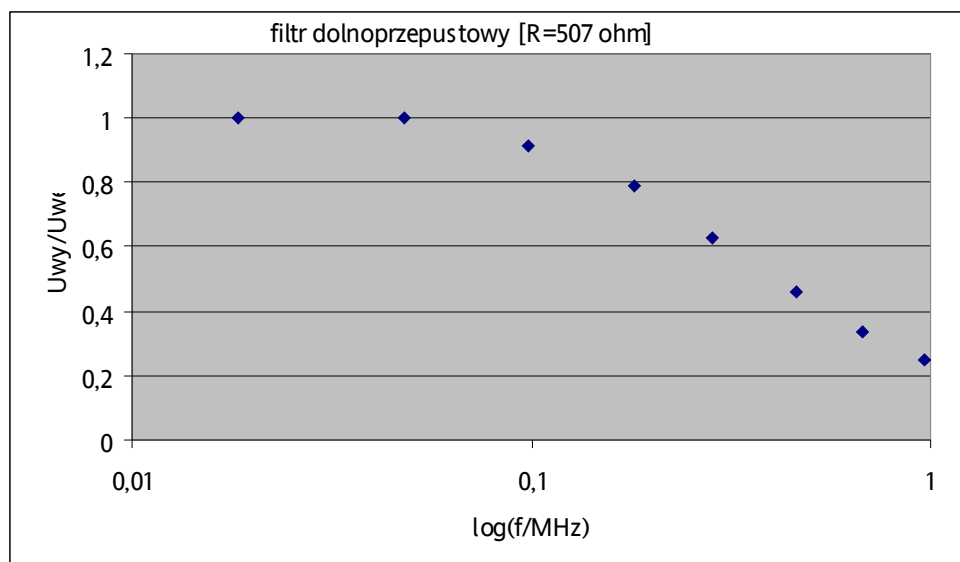
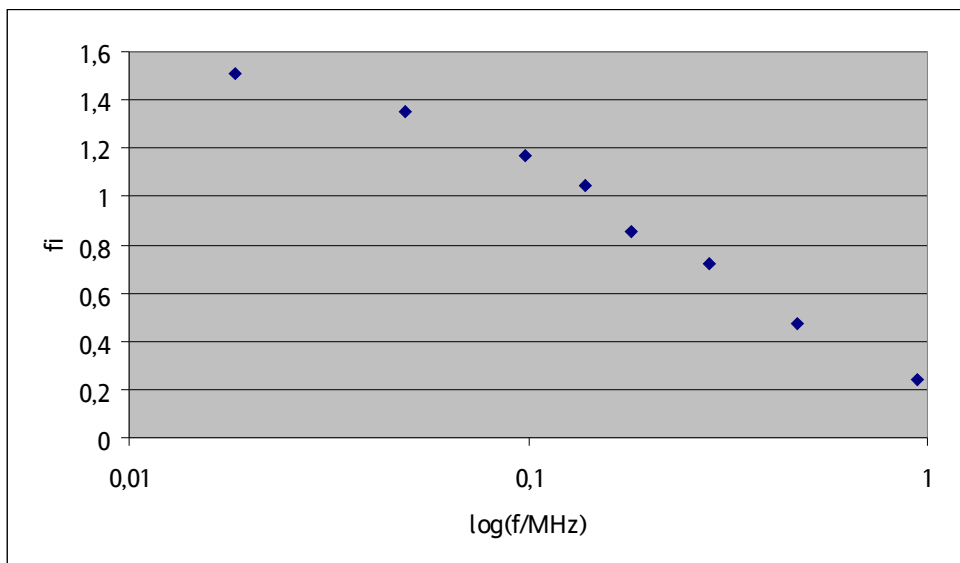
filtr dolnoprzepustowy, R =507 ohm

f [1 MHz]	fi	Uwe [V]	Uwy [V]	Uwy/Uwe
0,961538	-1,69163	2,4	0,6	0,25
0,675676	-1,27362	2,4	0,8	0,333333
0,462963	-1,0472	2,4	1,1	0,458333
0,285714	-0,80784	2,4	1,5	0,625
0,181818	-0,62832	2,4	1,9	0,791667
0,098039	-0,3696	2,4	2,2	0,916667
0,048077	-0,18125	2,4	2,4	1
0,018519	-0,06981	2,4	2,4	1

dane te przedstawione na wykresach prezentują się następująco:







Uwaga: krzywe dorysowane ołówkiem reprezentują krzywe teoretyczne, natomiast punkty reprezentują wartości otrzymane w doświadczeniu. Osie poziome wyskalowane są w logarytmach dziesiętnych częstotliwości liczonej w MHz.

Poniższe rysunki przedstawiają odpowiedzi filtrów RC na sygnał prostokątny oraz trójkątny:

	obwód całkujący:	
Rodzaj sygnału:	Odpowiedź dla dużych częstotliwości:	Odpowiedź dla małych częstotliwości:
<i>Trójkątny:</i>		
<i>Prostokątny:</i>		
	obwód różniczkujący:	
Rodzaj sygnału:	Odpowiedź dla dużych częstotliwości:	Odpowiedź dla małych częstotliwości:
<i>Trójkątny:</i>		
<i>Prostokątny:</i>		

Uwaga: ze względu na dużą niepewność pomiarów dokonywanych za pomocą oscyloskopu analogowego nie jest możliwe dopasowanie punktów do krzywej eksponencjalnej.

Opierając się na wynikach pomiarów dla filtru rezonansowego wyznaczyłem indukcyjność cewki ze wzoru na częstotliwość graniczną:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

wynosi ona: **L = 0.0013 mH** (niestety, z powodu braku informacji o dokładności wartości pojemności kondensatora nie mogę podać dokładności tego wyniku)

Wnioski i dyskusja wyniku

Z powyższych wykresów widać, iż wyniki pomiaru dla filtru rezonansowego z opornikiem 53Ω znacznie bardziej odbiegają od przewidywań teoretycznych niżli wyniki dla opornika 507Ω. Wytłumaczenie tego jest następujące: krzywe teoretyczne nie uwzględniają oporów pasożytniczych oraz najistotniejszego czynnika - 50Ω rezystancji generatora. Dla opornika 53Ω wpływ rezystancji generatora jest znacznie większy, bowiem jej wartość jest zbliżona do rezystancji opornika w obwodzie. Ten sam fakt zdaje się być główną przyczyną przesunięcia punktów zmierzonego przesunięcia fazowego względem wykresu wartości teoretycznych. Niestety, z powodu pojemności kondensatora oraz ograniczenia zakresu oscyloskopu nie mogłem zbadać pełnej charakterystyki układów. Jeśli chodzi o wartość indukcyjności cewki to jest ona bliska wartości wyznaczonej w poprzednim doświadczeniu ("Badanie układów RLC"), dotyczącego tej samej (fizycznie) cewki, aczkolwiek nie zawiera się ona w przedziale potrójnego odchylenia standardowego wartości zmierzonej uprzednio. Jeśli chodzi o krzywe otrzymane jako odpowiedź układów różniczkującego i całkującego na sygnał prostokątny i trójkątny, to (pomimo niemożliwości dopasowania do krzywych teoretycznych, wynikającej z niedokładności oscyloskopu) widać zgodność ogólnego kształtu krzywych z przewidywaniami teoretycznymi.