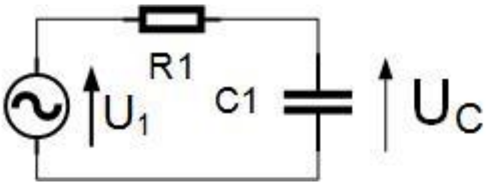
Time 14 feb. 2023b

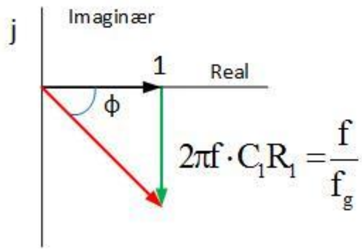
Lavpass filer (LP-filter)



Når vi skal finne dempningen av signalet U_1 er gjennom et lavpass filter, altså U_c/U_1, analyserer vi U_c/U_1 for forskjellige frekvenser.

$$\frac{u_c}{u_1}=\frac{Z_{C1}}{(R_1+Z_{C1})}=\frac{\frac{1}{j2\pi f C_1}}{\left(R_1+\frac{1}{j2\pi f C_1}\right)}=\frac{1}{(1+j2\pi f C_1\cdot R_1)}$$

I dette uttrykket får man også fram faseforskjellen mellom U_c og U_1. Vi ønsker først å se på bare dempningen. Verdien av den kan finnes ved å bruke Pytagoras:



$$\left|\frac{u_c}{u_1}\right|=\frac{1}{\sqrt{1^2+(2\pi f\cdot C_1\cdot R_1)^2}}$$

Når frekvensen er liten, er størrelsen av nevneren veldig nærme 1, dvs veldig liten dempning. Det er først når $2\pi f C_1 R_1 \geq 1$ at nevneren begynner å øke. Den frekvensen hvor $2\pi f_g C_1 R_1 = 1$ kaller vi grensefrekvensen Det er bare ved en frekvens hvor $2\pi f_g C_1 R_1 = 1$

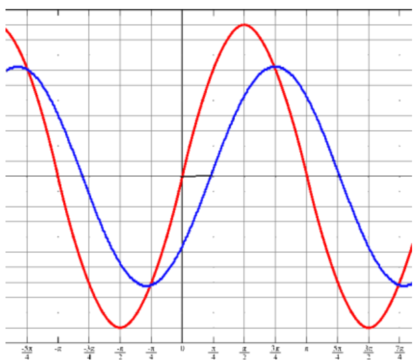
Grensefrekvensen $f_g = \frac{1}{2\pi C_1 R_1}$ Hvis vi setter dette uttrykket inn i uttrykket for dempningen, får vi:

$$\left|\frac{U_c}{U_1}\right|=\frac{1}{\sqrt{1^2+(2\pi f\cdot C_1\cdot R_1)^2}}=\frac{1}{\sqrt{1^2+\left(\frac{f}{f_g}\right)^2}}$$

Faseforskyvningen ϕ mellom spenningen inn (u_1) og spenningen ut (u_c) er

$$\phi=\tan^{-1}(2\pi f\cdot C_1 R_1)=\tan^{-1}\left(\frac{f}{f_g}\right)$$

Ved f=0 er $\phi=0°$ og ved f=∞ (uendelig stor) er $\phi=-90°$



Minustegnet betyr at utgangsspenningen (u_c) ligger etter inngangspenningen (u_1)

Anta at den røde sinuskurven er spenningen inn, og den blå sinuskurven er spenningen ut. Spenningen ut ligger her 45° etter spenningen inn. Det er det minustegnet foran vinkelen betyr. Dessuten er amplituden på den blå sinuskurven noe mindre enn den røde. Det betyr at signalet ut er noe dempet. Vi ønsker nå å se hvor mye signalet blir dempet, og hvor stor faseforskyvningen er for andre frekvenser.

Vi ser på et LP-filter, der R1= 1,0 KΩ og C1 = 2,7 μF. Det gir grensefrekvensen

$$f_g = \frac{1}{2\pi \cdot 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 2{,}7 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^3}{2\pi \cdot 2{,}7} = 59\ [Hz]$$

Vi regner da ut dempningen og fasen for forskjellige f/f_g. For hvilke frekvenser disse verdiene gjelder for, kan vi finne ved å sette inn verdien for grensefrekvensen for vår krets.

Vi velger området for f/f_g fra 0,1 til 10. Da ser vi i frekvensområdet under (0,1 f_g) og over f_g (10 f_g)

Vi regner ut $\left|\frac{U_c}{U_1}\right| = \frac{1}{\sqrt{1^2+\left(\frac{f}{f_g}\right)^2}}$ som er et forholdstall, dvs ganger [ggr]

For å få benevnelsen dB, beregner vi $20 \cdot \lg\left|\frac{U_c}{U_1}\right|$

Faseforskjellen Φ finner vi av uttrykket $\Phi = \tan^{-1}\left(\frac{f}{f_g}\right)$ (se figur over real- og imaginærdel)

$\frac{f}{f_g}$	$\left\lvert\frac{U_c}{U_1}\right\rvert\ [ggr]$	$\left\lvert\frac{U_c}{U_1}\right\rvert\ [dB]$	Φ	Vår krets f =
0,1	0,995	-0,04	-5,7°	0,1 ·59 = 5,9 Hz
0,5	0,89	-0,97	-26,6°	0,5 ·59 = 29,5 Hz
1,0	0,71	-3,0	-45,0°	1,0 ·59 = 59 Hz
2,0	0,45	-7,0	-63,4°	2,0 ·59 =118 Hz
5,0	0,20	-14,1	-78,7°	5,0 ·59 = 295 Hz
10,0	0,10	-20,0	-84,3°	10,0 · 59 = 590 Hz