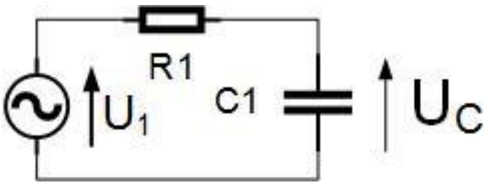
Time 15 feb. 2022

Lavpass filer (LP-filter)



Impedansen i kondensatoren C_1 er:

$$Z_{C1} = \frac{1}{j2\pi f \cdot C_1}$$

Strømmen gjennom motstanden R_1 og kondensatoren C_1 er

$$i(t) = \frac{u_1(t)}{(R_1 + Z_{C1})}$$ ofte skrives dette uten (t) $$i = \frac{u_1}{(R_1 + Z_{C1})}$$

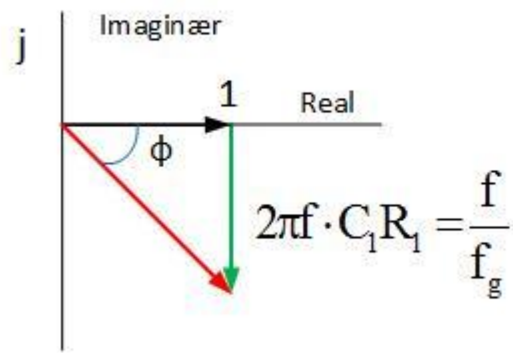
Spenningen u_c er

$$u_c = i \cdot Z_{C1} = \frac{u_1}{(R_1 + Z_{C1})} \cdot Z_{C1} = \frac{Z_{C1}}{(R_1 + Z_{C1})} \cdot u_1$$

Vanligvis angis forholdet mellom spenningene, altså:

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

Dette uttrykket kan tegnes opp i et aksekors, med real-delen langs x-aksen og imaginærdelen langs y-aksen.



Tallverdien av uttrykket angir hvor mye signalet dempes. Det er lengden av den røde vektoren i figuren. Verdien av den kan finnes ved å bruke Pytagoras:

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

Vi ser at lengden av imaginærdelen (den grønne vektoren), og da også den røde vektoren, forandrer seg når frekvensen f forandrer seg. Hvis f er veldig liten, vil den grønne vektoren være veldig liten, og den røde vektoren vil da være tilnærmet lik 1. Da er spenningen ut (u_c) nesten like stor som spenningen inn (u_1). Hvis f har en verdi som gjør at den grønne vektoren er lik 1, dvs $2\pi f \cdot C_1 R_1 = 1$, vil den røde vektoren være $\sqrt{(1^2 + 1^2)} = \sqrt{2} = 1{,}4$ Da blir

$$\left|\frac{u_c}{u_1}\right| = \frac{1}{1{,}4} = 0{,}7$$ Det vil si at spenningen ut er 0,7·spenningen inn. ($u_c=0{,}7\cdot u_1$)

Den frekvensen som gjør at $2\pi f\cdot C=1$ kalles også grensefrekvensen, f_g Det er fordi at det ved alle frekvenser under denne grensefrekvensen, er dempningen veldig liten. Spenningen ut er nesten lik spenningen inn. Ved grensefrekvensen er spenningen ut 0,7·spenningen inn. Ved høyere frekvenser begynner dempningen å bli stor. Etter hvert som frekvensen øker vil spenningen ut bli mye mindre enn spenningen inn. Den grønne (og da også den røde) vektoren vil bli lengre og lengre etter hvert som f øker. Det vil si at dempningen blir større og større, altså utgangspenningen blir mindre og mindre.

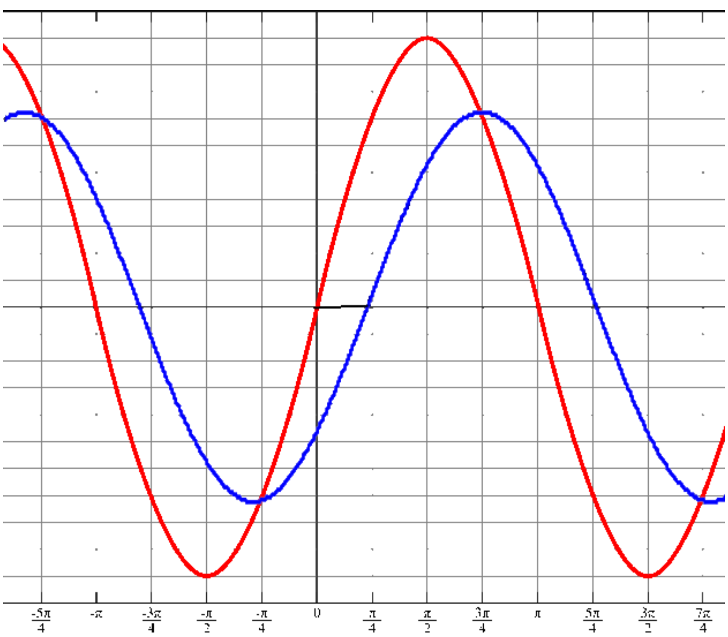
Grensefrekvensen finner man ved å sette $2\pi f\cdot C_1R_1=1$. Det er for en bestemt frekvens, så vi setter

$2\pi f_g\cdot C_1R_1=1$ Verdien for f_g blir da: $$f_g = \frac{1}{2\pi\cdot C_1R_1}$$

Når det gjelder faseforskyvningen ϕ mellom spenningen inn (u_1) og spenningen ut (u_c). Ved grensefrekvensen f_g er den lik -45°, for da er imaginærdelen = realdelen=1 i uttrykket. Uttrykket for faseforskyvningen ϕ er

$$\phi = \tan^{-1}(2\pi f\cdot C_1R_1) = \tan^{-1}\left(\frac{f}{f_g}\right)$$ Ved f=0 er ϕ=0° og ved f=∞ (uendelig stor) er ϕ=-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