

En FM-signal

Graferna visar tidsfunktioner för en frekvensmodulerad signal (FM-signal), där en i tid cosinusformad bärvåg moduleras med ett entonigt, i tid cosinusformat meddelande:

$$v_c(t) = V_c \cos(\omega_c t)$$

$$v_m(t) = V_m \cos(\omega_m t)$$

$$v_{FM}(t) = V_c \cos[\omega_c t + \beta \sin(\omega_m t)]$$

Vinkelfrekvensens ögonblicksvärde:

$$\omega_i(t) = \omega_c + \beta \omega_m \cos(\omega_m t) = \omega_c + \Delta\omega_c \cos(\omega_m t)$$

I exemplet är

$$V_c = 10 \text{ volt}, \omega_c = 2\pi \cdot 10 \text{ rad/s och } \omega_m = 2\pi \cdot 2 \text{ rad/s}$$

d.v.s. frekvenserna är $f_c = 10 \text{ Hz}$ och $f_m = 2 \text{ Hz}$

Periodtider:

$$T_m = \frac{1}{f_m} = 0,5 \text{ s} \qquad T_c = \frac{1}{f_c} = 0,1 \text{ s}$$

Modulationsindexet $\beta = 2$ ger frekvensdeviationen $\Delta f_c = 4 \text{ Hz}$.

Högsta och lägsta **ögonblicksvärdet** för FM-signalens frekvens är $f_{i,max} = f_c + \Delta f_c = 14 \text{ Hz}$ respektive $f_{i,min} = f_c - \Delta f_c = 6 \text{ Hz}$.

Amplitudspektrat innehåller en bärvågskomponent ($f = f_c$) samt sidbandskomponenter som uppträder parvis och är centrerade kring bärvågsfrekvensen.

Komponent n har frekvensen $f_n = f_c + n \cdot f_m$ där n är ett heltal $0, \pm 1, \pm 2, \dots$ och amplituden $V_n = V_c \cdot |J_n(\beta)|$ där $J_n(\beta)$ är en Besselfunktion. Exemplets bärvågskomponent och två första sidbandspar är:

$$n = 0: f_0 = f_c = 10 \text{ Hz}, V_0 = V_c \cdot |J_0(2)| \approx 2,24 \text{ volt}$$

$$n = \pm 1: f_1 = f_c + f_m = 12 \text{ Hz} \text{ och } f_{-1} = f_c - f_m = 8 \text{ Hz},$$

$$V_1 = V_{-1} = V_c \cdot |J_1(2)| \approx 5,77 \text{ volt}$$

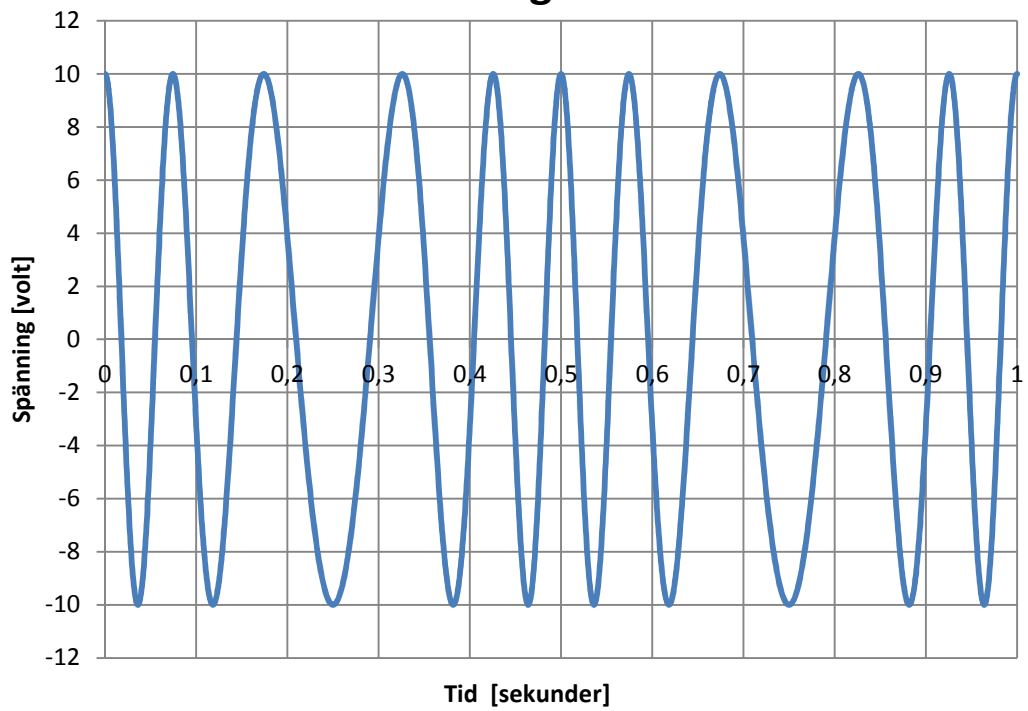
$$n = \pm 2: f_2 = f_c + 2 \cdot f_m = 14 \text{ Hz} \text{ och } f_{-2} = f_c - 2 \cdot f_m = 6 \text{ Hz}, V_2 = V_{-2} = V_c \cdot |J_2(2)| \approx 3,53 \text{ volt}$$

$$\textbf{Bandbredd: } B \approx 2f_m(1 + \beta) = 12 \text{ Hz}$$

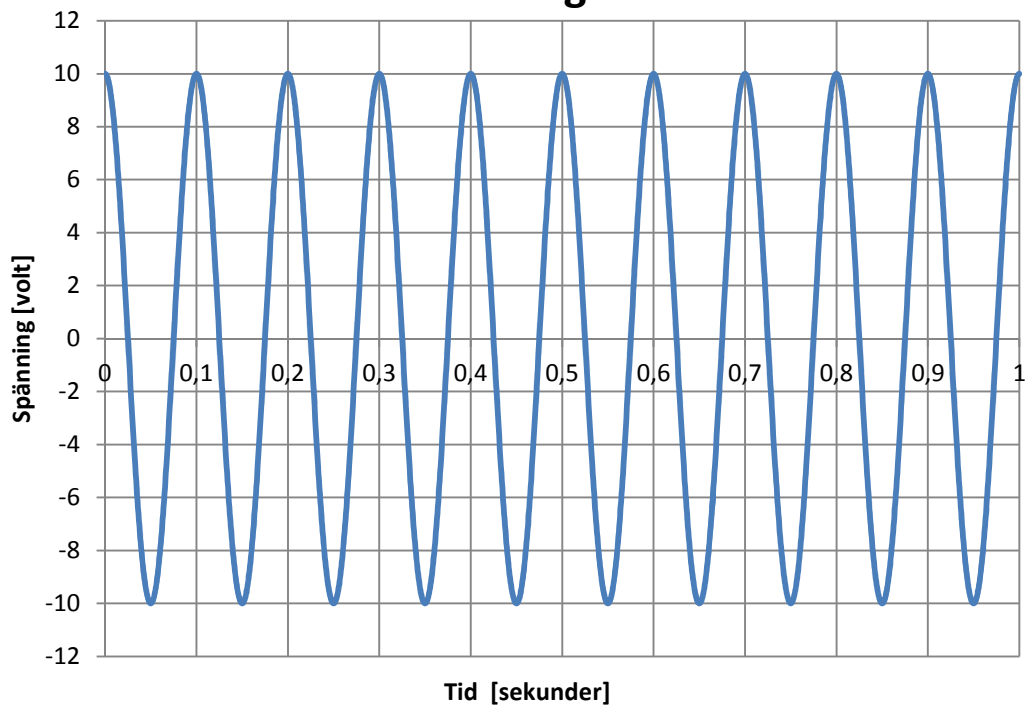
Medeleffekt i en $R=5 \Omega$ last: Summan av effekten hos bärvågskomponenten och effekten i de två sidbanden.

$$P_{medel} = \frac{(V_c)^2}{2R} = 10 \text{ W}$$

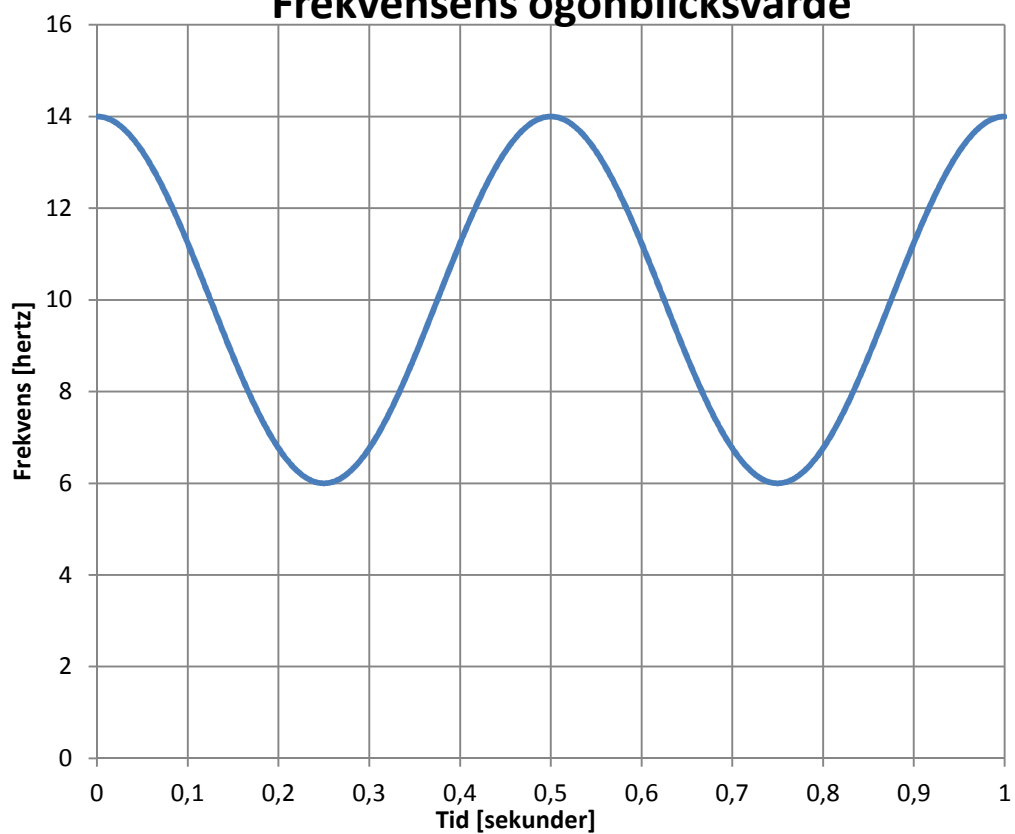
FM signal



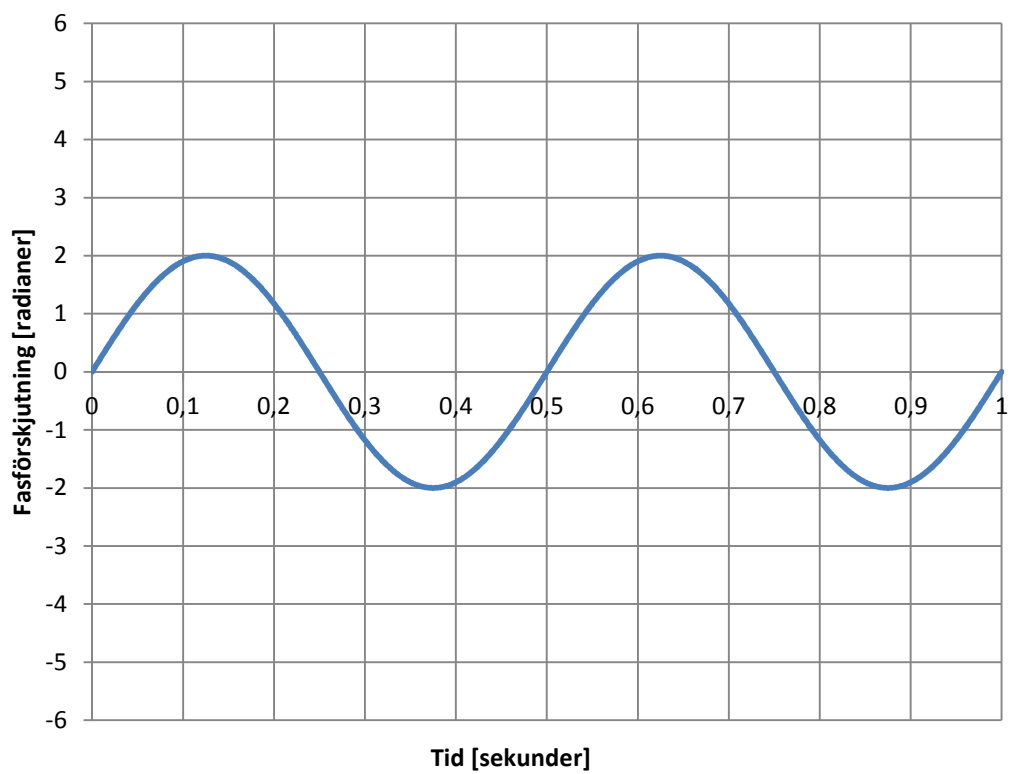
Bärvåg



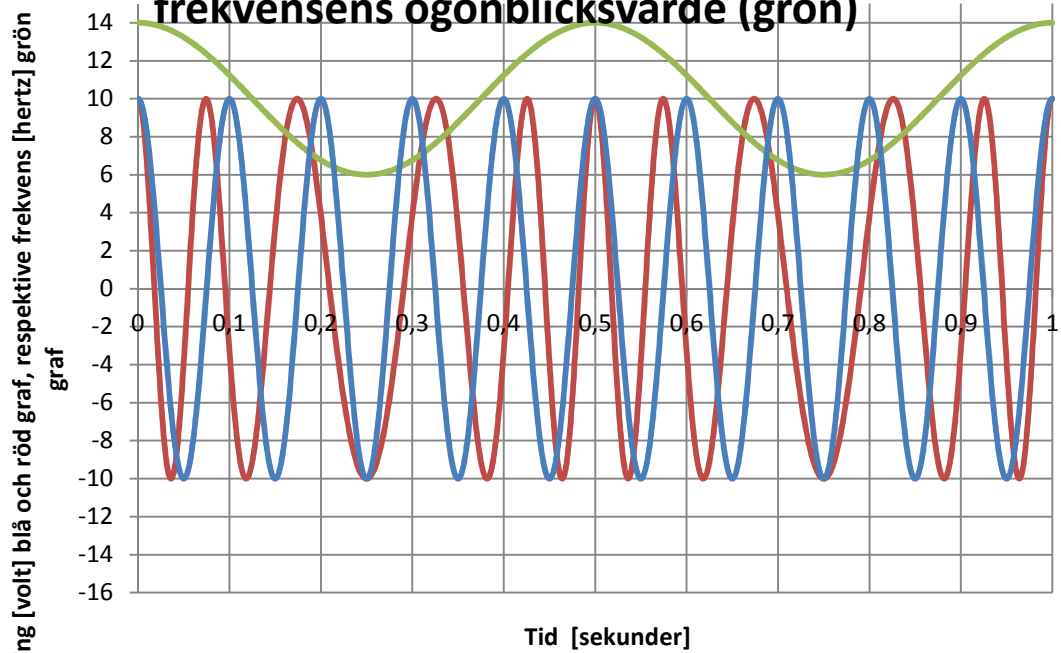
Frekvensens ögonblicksvärde



Fasförskjutningen $\Theta(t)$



FM-signal (röd), bärvåg (blå) & frekvensens ögonblicksvärde (grön)



$V_c=10$ volt, $f_c=10$ Hz
 $\beta=2$, $f_m=2$ Hz