

## Innlevering nr. 8, ING3504 Signalbehandling

### Oppgave nr. 1

a) Et AM-signal med full bærebølge (**DSB FC**) har matematisk form lik (m er modulasjonsgrad):

$$U_{AM} = U_0 \cdot (1 + m \cdot \cos(\omega_m \cdot t)) \cdot \sin(\omega_c \cdot t)$$

Informasjonsfrekvensen har indeks  $m$  (*message*) og bærebølgen indeks  $c$  (*carrier*).

Vi bruker en koherent detektor der gjenvunnet bærebølge er gitt ved:

1.  $U_{BB} = \sin(\omega_c \cdot t)$
2.  $U_{BB} = U_1 \cdot \cos(\omega_c \cdot t)$

Bruk trigonometriske formler og finn det demodulerte informasjons-signalet (lavfrekvens-komponenten etter multiplikasjon med gjenvunnet bærebølge) for begge tilfelle. (Velg eventuelt informasjonsfrekvens og bærebølgefrequens, f.eks. 1 kHz respektive 100 kHz. Men det er enklere og mindre sjanse for feilskriving om du håndterer multiplikasjonene med bokstavuttrykk.)

Hvilken rolle spiller amplitudedefaktorene i demodulasjons-prosessen?

b) Et **DSB SC** signal har matematisk form lik  $U_{DSB-SC} = U_m \cos(\omega_m \cdot t) \cdot U_c \sin(\omega_c \cdot t)$

Vi bruker også her en koherent detektor der gjenvunnet bærebølge er gitt ved:

1.  $U_{BB} = \sin(\omega_c \cdot t)$
2.  $U_{BB} = U_1 \cos(\omega_c \cdot t) = U_1 \sin(\omega_c \cdot t + \frac{\pi}{2})$

Finn det demodulerte informasjons-signalet (lavfrekvens-komponenten) for begge tilfelle.

Hvilken rolle spiller amplitudedefaktorene i demodulasjons-prosessen?

3.  $U_{BB} = \sin(\omega_c \cdot t + \Delta\varphi)$  (ekstra utfordring – ingen innlevering)

c) Ekstra – ingen innlevering.

Bruk gjerne litt tid til å kontrollere beregningene med Matlab/Octave ved å forandre på parametere i koden nedenfor. (Test gjerne andre saker også.)

```

close all; clear all; clc; format compact
fm = 1e3;    wm = 2*pi*fm; % Informasjons-frekvens i Hz (rad) (Message)
fc = 10e3;   wc = 2*pi*fc; % Bærebølgefrekvens i Hz      (rad) (Carrier)
fs = 20*fc;   % Sample-frekvens

m = 2;       % Ønsket antall perioder av informasjonsfrekvensen fm
N = m*fs/fm;  % Antall beregnings-punkter (sample-punkter)
t = (0:(N-1))*(1/fs); % Definerer tidsaksen
f = [0:N-1]*fs/N;    % Definerer frekvensaksen [0, fs>

% DSB-SC
U = 1;
DSB_SC = U*sin(wm*t).*sin(wc*t); % tidsdomene
figure; plot(t*1000, DSB_SC); grid; % skalerer tidsaksen for å få ms
xlabel('Tid [ms] ');
title('Tidsrespons for DSB-SC - signal')

X = fft(DSB_SC); % Transformasjon til frekvensdomene
H = 2*2*abs(X)/N; % Normaliserer for ensidig frekvens-spektrum
figure; stem(f/1000,H); grid;
xlim([(fc-4*fm)/1000, (fc+4*fm)/1000]); % skalerer frekvensaksen for å få kHz
xlabel('Frekvens [kHz] ');
title('Frekvensrespons for DSB-SC - signal')

% Demodulasjon - med mulighet til fasefeil for gjenvunnet bærebølge
Fasefeil = 0; % pi/2;
Demod = DSB_SC.*sin(wc*t + Fasefeil); % tidsdomene
figure; plot(t*1000, Demod); grid; % skalerer tidsaksen for å få ms
xlabel('Tid [ms] ');
title('DSB-SC multiplisert med carrier')

X = fft(Demod); % Transformasjon til frekvensdomene
H = 2*abs(X)/N; % Normaliserer for tosidig frekvens-spektrum
figure;
subplot(2,1,1); stem(f/1000,H); grid;
title('DSB-SC multiplisert med carrier ("to-sidig" spektrum)');
xlabel('Frekvens [kHz] ');
subplot(2,1,2); stem(f/1000,2*H); xlim([0, (8*fm)/1000]); grid;
xlabel('Frekvens [kHz] ');
title('Informasjons-signal (ensidig spektrum)')

```

### Oppgave nr. 2

- a) Et AM DSB signal (med full bærebølge, DSB-FC) har en midlere effekt lik 5,6 W over 50  $\Omega$  og en modulasjonsgrad  $m = 0,6$ . Finn amplituden til de forskjellige frekvens-komponentene i frekvensspektret hvis vi antar at LF signalet er sinusformet. Skisser signalets tidsrespons hvis LF signalet har frekvens lik 1 kHz og bærebølgen 10 kHz. Husk enheter på aksene!  
Kontroller med Matlab/Octave
- b) Et AM DSB SC signal har en midlere effekt lik 8,2 W over 50  $\Omega$ . Finn amplituden til de forskjellige komponentene i frekvensspektret hvis vi antar at LF signalet er sinusformet. Skisser signalets tidsrespons og frekvensrespons hvis LF signalet har frekvens lik 1 kHz og bærebølgen 10 kHz. Husk enheter på aksene!

### Oppgave nr. 3

- a) Et binært ASK modem bruker ikke-koherent deteksjon. Hvilken verdi må  $E_b/N_0$  ha for å oppnå en feilsannsynlighet mindre enn  $8,5 \cdot 10^{-5}$ ?
- b) Hva er den tilsvarende feilsannsynligheten for et koherent ASK opplegg med samme verdien for  $E_b/N_0$ ?
- c) Et system bruker 8-ary ASK modulasjon og et "root raised" cosinus-filter i både sender og mottaker, med en  $\alpha = 0,45$ . Hva er den nødvendige båndbredden for å støtte en datarate lik 56 kbps?