Digital Signalbehandling – Miniprojekt 2:

Frekvensanalyse af målte vibrationssignaler

Team 4

Ricky Schultz (au634379)

Jenath Srikanth (au634825)

Indholdsfortegnelse

[Figurliste 2](#_Toc54101765)

[Indledning 3](#_Toc54101766)

[Formål 3](#_Toc54101767)

[Indhold 4](#_Toc54101768)

[A. 4](#_Toc54101769)

[B. 5](#_Toc54101770)

[C. 6](#_Toc54101771)

[D. 7](#_Toc54101772)

[E. 8](#_Toc54101773)

[F. 11](#_Toc54101774)

[G. 11](#_Toc54101775)

[H. 12](#_Toc54101776)

[I. 13](#_Toc54101777)

[J. 13](#_Toc54101778)

[K. 16](#_Toc54101779)

[L. 17](#_Toc54101780)

[Konklusion 19](#_Toc54101781)

# Figurliste

[Figure 1 - Plot af Raw\_input 5](#_Toc54101752)

[Figure 2 - Plot af Raw\_input uden DC-værdi 6](#_Toc54101753)

[Figure 3 - Plot af DFT af Raw\_input uden DC-værdi 7](#_Toc54101754)

[Figure 4 - Plot af amplitude spektrum af DFT med lineær x- og y-akse 8](#_Toc54101755)

[Figure 5 - Plot af amplitude spektrum af DFT med logaritmisk x-akse og lineær y-akse 9](#_Toc54101756)

[Figure 6 - Plot af amplitude spektrum af DFT med lineær x-akse og dB y-akse 9](#_Toc54101757)

[Figure 7 - Plot af amplitude spektrum af DFT med logaritmisk x-akse og dB y-akse 10](#_Toc54101758)

[Figure 8 - Plot af Hanning-vindue 14](#_Toc54101759)

[Figure 9 - Plot af Raw\_input uden DC-værdi ganget med Hanning-vindue 14](#_Toc54101760)

[Figure 10 - Plot af DFT af Raw\_input uden DC-værdi ganget med Hanning-vindue 15](#_Toc54101761)

[Figure 11 - Plot af amplitude spektrum af DFT med lineær x- og y-akse med smoothing 17](#_Toc54101762)

[Figure 12 - Plot af amplitude spektrum af DFT med lineær x-akse og dB y-akse med smoothing 18](#_Toc54101763)

# Indledning

I denne opgave vil vi gerne lave et analysesystem som baserer sig på Fouriertransformation (DFT). Dette vil ske gennem en række del opgaver der vil blive løst, hvor metoder vil blive brugt på et signal.

# Formål

Bliv fortrolig med diskret Fouriertransformation (DFT), og anvend denne til at analysere frekvensindholdet i forskellige signaler. Bliv fortrolig med Matlab til at håndtere og analysere digitale signaler.

# Indhold

**Loading af fil**

Vi vil starte med at loade signalet ind i Matlab sammen med dens sampling frekvens.

load("Opgave2\_audiofil\_1\_1.mat"); % Medfølgende fil loades

## A.

**Plot de første 5 sekunder og beskriv hvilke frekvenser som I forventer signalet indeholder ud fra det tidslige plot. Tidsskalaen skal være i sekunder og amplitudeskalaen i volt**

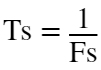
Først laves den korrekte skalering af amplituden, da 1 volt svarer til 100 enheder.

raw\_input = raw\_input.\*0.01; % Medfølgende signal ændres til 1 volt skalering

fs % Sampelfrekvens

fs = 25600

Først beregnes sample periodetiden med formlen:

Samples tid: 

Nu da vi har loaded signalet ind, kan vi starte med at plotte de første fem sekunder.

Ts = 1/fs % Samples tid

Ts = 3.9063e-05

Nu laves en tidsakse på fem sekunder:

t = 0:Ts:5; % Tid

Et array over alle elementer laves:

n = 0:length(raw\_input)-1; % Sample tæller

Signalet kan nu plottes:

plot(n\*Ts,raw\_input); % raw\_input plottet

title('Raw input'); % Titel

xlabel('Tid [s]'); ylabel('Amplitude [V]') % x- og y-label

xlim([0 5]) % x-akse skalering

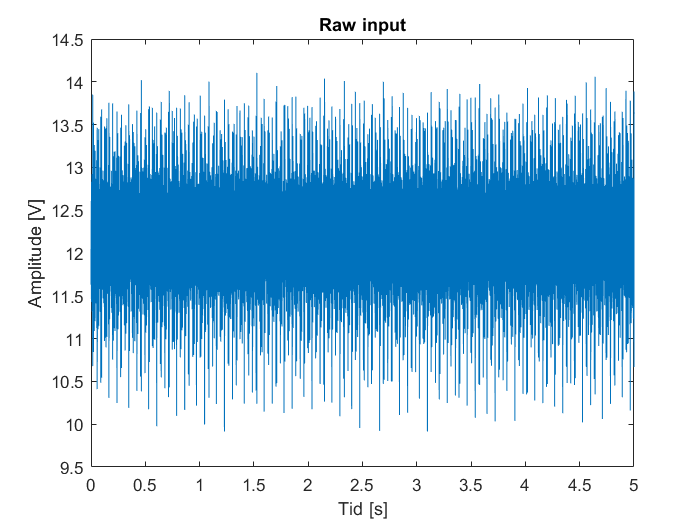


Figure - Plot af Raw\_input

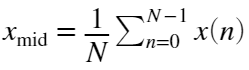
Vi forventer mange højfrekvenser fordi der er mange peaks inden for kort tid.

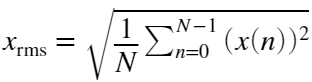
## B.

**Beregn DC middelværdien, AC RMS-værdien, og energien for de første 5 sekunder af signalet.**

Til beregning af middelværdien, AC RMS-værdien, og energien bruges egne funktionsfiler som kan ses i bilag.

Formlerne for beregningerne:

Middelværdi: 

RMS-værdi: 

Energi: 

N = length(raw\_input) % Antal samples

N = 262144

t\_5 = t <= 5 ; % Tid til og med første 5 sekunder

raw\_input5 = raw\_input(t\_5); % raw\_input af de første 5 sekunder

mid = myMean(raw\_input5) % Middelværdien

mid = 12.1765

raw\_input5AC = raw\_input5 - mid; % DC værdien fratrukket

rms = myRMS(raw\_input5AC) % RMS-værdien

rms = 0.3278

energi = myEnergy(raw\_input5AC) % Energien

energi = 1.3751e+04

Herved har vi beregnet de tre benævnte værdier.

## C.

**Træk DC middelværdien fra tidssignalet. Den stammer fra forsyningsspændingen og bærer ingen signalinformation (i dette tilfælde).**

Da DC-værdien stammer fra forsyningsspændingen og ingen information har, trækkes den fra tidssignalet.

Vi har trukket DC middelværdien fra i forrige op opgave men gør det igen for opgavens skyld.

raw\_input = raw\_input-mid; % DC værdien fratrukket

Signalet uden DC-værdien plottes:

plot(n\*Ts,raw\_input); % raw\_input plottet

title('Raw input uden DC værdi'); % Titel

xlabel('Tid [s]'); ylabel('Amplitude [V]'); % x- og y-label

xlim([0 5]); ylim([-2.7145 2.3125]); % x- og y-akse skalering

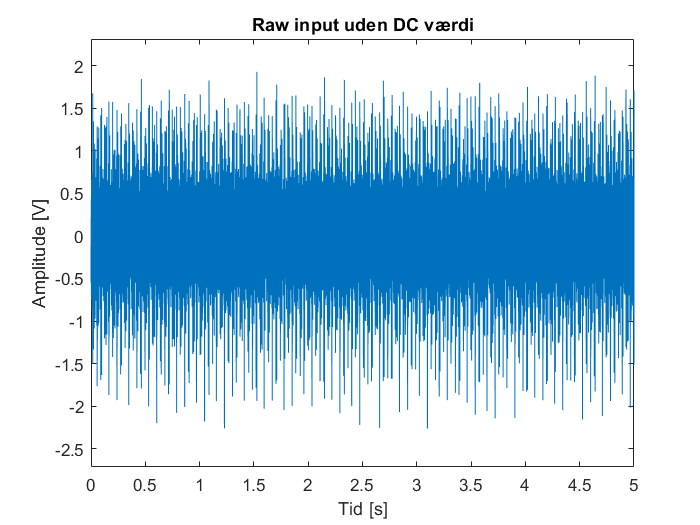


Figure - Plot af Raw\_input uden DC-værdi

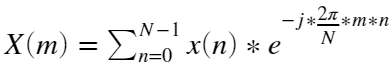
Vi har her trukket DC værdien ud af de første 5 sekunder af raw\_input signalet.

## D.

**Lav frekvenstransformation på de første 5 sekunder af signalet og vis frekvensspektret.**

Her plotter vi signal for de første 5 sekunder

Formlerne for beregningerne:

DFT: 

N5 = length(raw\_input5AC) % Antal samples for de første 5 sek uden DC

N5 = 128001

k = 0:N5-1; % Frekvens pins

DFT = fft(raw\_input5AC,N5); % DFT

DFT = abs(DFT)\*2/N5; % Op til nyquist

f5 = k\*fs/N5; % Frekvensakse fem sekunder

plot(f5(floor(1:end/2)), DFT(floor(1:end/2))); % Plot af DFT

title('DFT af Raw input uden DC værdi'); % Titel

xlabel('Frekvens [Hz]'); ylabel('Amplitude [V]'); % x- og y-label

xlim([0,fs/2]); % x-akse skalering

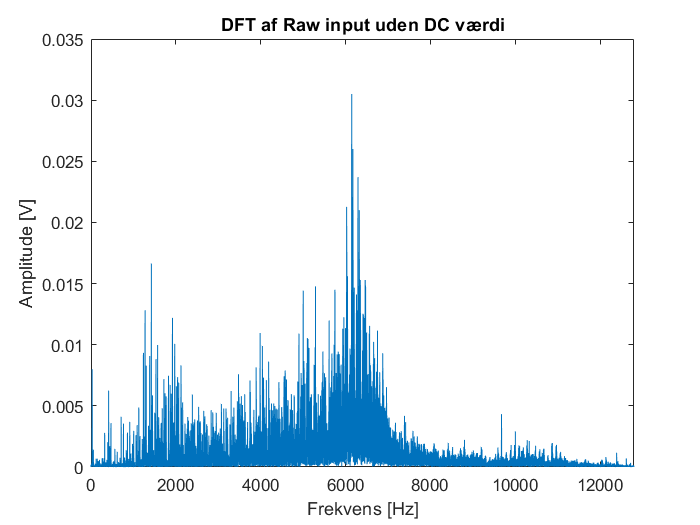


Figure - Plot af DFT af Raw\_input uden DC-værdi

## E.

**Vis spektret både med logaritmisk og lineær frekvensakse (begge i Hz), samt størrelsen både i dB (i forhold til 1 volt) og i lineært mål (volt eller millivolt).**

Her opstiller vi 4 plots med forskellige akser for at vise forskellen på henholdsvis lineær og logaritmiske akser.

Det lineær plot plottes:

plot(f5(floor(1:end/2)), DFT(floor(1:end/2))); % Plot af DFT med linear x- og y-akse

title('Amplitude spektrum af DFT med linear x- og y-akse'); % Titel

xlabel('Frekvens [Hz]'); ylabel('Amplitude [V]'); % x- og y-label

xlim([0,fs/2]); % x-akse skalering

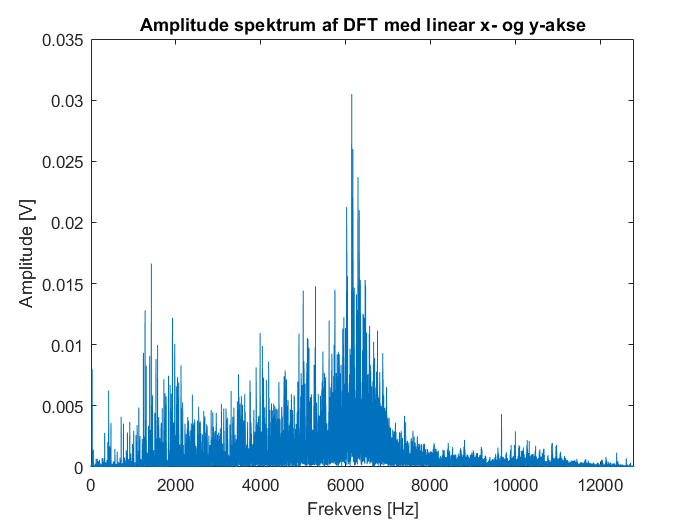


Figure - Plot af amplitude spektrum af DFT med lineær x- og y-akse

Nu plottes der med logaritmisk frekvensakse og lineær amplitude akse:

semilogx(f5(floor(1:end/2)), DFT(floor(1:end/2))); % Plot af DFT med logaritmisk x-akse og linear y-akse

xlim([0 length(k)/2]); % x-akse spectrum

title('Amplitude spektrum af DFT med logaritmisk x-akse og linear y-akse'); % Titel

xlabel('Frekvens [Hz]'); ylabel('Amplitude [V]'); % x- og y-label

xlim([0,fs/2]); % x-akse skalering

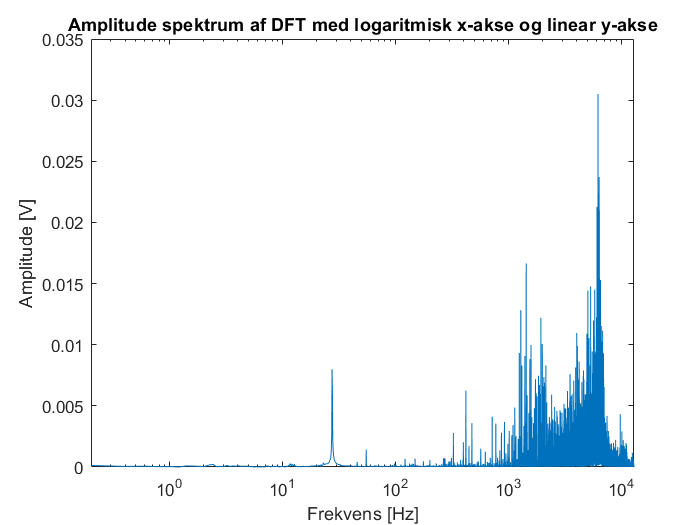


Figure - Plot af amplitude spektrum af DFT med logaritmisk x-akse og lineær y-akse

Der laves nu et lineær frekvensakse plot med en amplitude akse i dB.

plot(f5(floor(1:end/2)), 20\*log10(DFT(floor(1:end/2)))); % Plot af DFT med linear x-akse og dB y-akse

title('Amplitude spektrum af DFT med linear x-akse og dB y-akse'); % Titel

xlabel('Frekvens [Hz]'); ylabel('Amplitude [V] dB'); % x- og y-label

xlim([0,fs/2]); ylim([-144.6000 0]) % x- og y-akse skalering

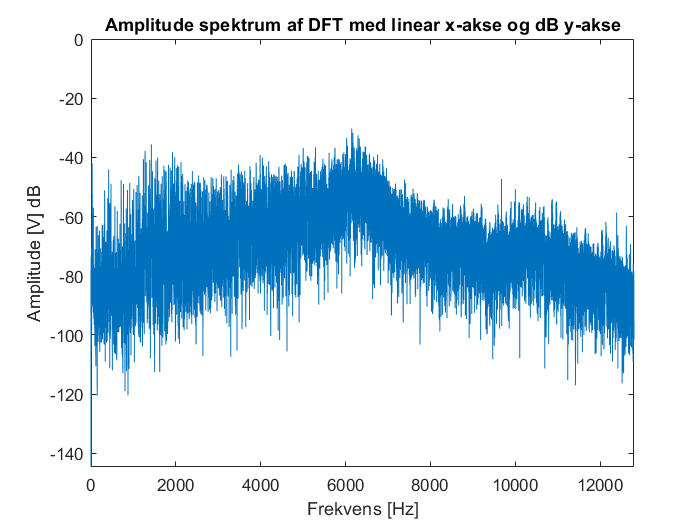


Figure - Plot af amplitude spektrum af DFT med lineær x-akse og dB y-akse

Der laves nu et logaritmisk frekvensakse plot med amplitude akse i dB.

semilogx(f5(floor(1:end/2)), 20\*log10(DFT(floor(1:end/2)))); % Plot af DFT med logaritmisk x-akse og dB y-akse

title('Amplitude spektrum af DFT med logaritmisk x-akse og dB y-akse'); % Titel

xlabel('Frekvens [Hz]'); ylabel('Amplitude [V] dB'); % x- og y-label

xlim([0,fs/2]); ylim([-130 -24.2496]); % x- og y-akse skalering

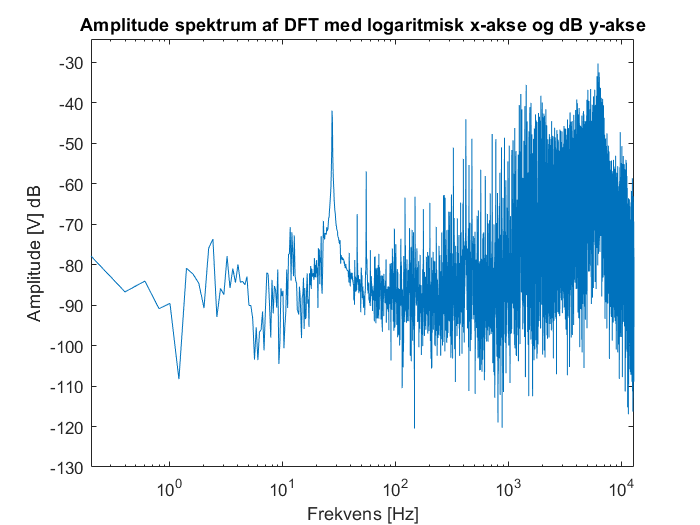


Figure - Plot af amplitude spektrum af DFT med logaritmisk x-akse og dB y-akse

Vi har her plottet 4 forskellige plots af det sammen signal ved at ændre akserne.

## F.

**Diskutér, hvornår man bør benytte hvilken skala.**

x-akse:

Logaritmiske frekvensakser bør benyttes ved skævhed i retning af store værdier, det vil sige i tilfælde, hvor et eller flere punkter er meget større end størstedelen af dataene.

Lineære frekvensakser bør benyttes ved et mindre antal samlet frekvenser fx 100 til 200 Hz, hvor der ikke er et så stort spring fra den mindste frekvens til den største frekvens.

Logaritmiske frekvensakser bør derfor bruges fx hvis man ser på et frekvensspektrum fra 20 til 20kHz, hvor man ikke ville kunne se de lave frekvenser på en lineær frekvensakse, fordi akselafstanden er lige store. Hvorimod ved en logaritmisk frekvensakse vil den være opdel i fx 1, 10, 100, 1.000, 10.000, hvilket giver et meget bedre overblik of et frekvensforløb.

y-akse:

Decibel amplitude akse er også en logaritmisk akse, og bør benyttes ved de samme betingelser som den logaritmiske frekvensakse, det vil sige i tilfælde, hvor et eller flere punkter er meget større end størstedelen af dataene. Et eksempel kunne være at se på et spektrum som beskriver et lavpass- og højpass filter respons. Her ville man ikke kunne se responset for lavpass filteret hvis man brugte en lineær akse.

Lineær amplitude akser bør benyttes ved et mindre antal samlet værdier, hvor der ikke er et så stort spring fra den mindste værdi til den største værdi.

## G.

**Hvad er den dominerende frekvens, og passer den med det forventede?**

Her vil vi finde maksværdierne i signalet og bestemme den dominerende frekvens.

[max\_amplitude,max\_frekvens] = max(DFT(floor(1:end/2))) % Maks værdier for amplitude og frekvens

max\_amplitude = 0.0305

max\_frekvens = 30735

Nu ved vi hvilken sample den dominerende frekvens er på, hvor den nu kan omregnes:

max\_frekvens = round(f5(max\_frekvens)) % Den dominerende frekvens

max\_frekvens = 6147

Vi har hermed fundet frem til den dominerende frekvens.

## H.

**Bestem lavfrekvent energi Elow (< 1000 Hz) og højfrekvent energi Ehigh (≥ 1000 Hz) for signalet. DC-værdien skal ikke tages med i disse beregninger.**

Her vil vi bestemme energien i henholdsvis lavfrekvens- og højfrekvensområdet

raw\_input5AC; % De første 5 sekunder af signalet uden DC

f5; % Frekvensen af de første 5 sekunder

f0 = 0; % Frekvenser fra 0 Hz

f1 = 1000; % Frekvenser til eller fra 1 kHz

f2 = 100000; % Frekvenser til 100 kHz

partLowRange = abs(f5)>f0&abs(f5)<f1; % lavfrekvenerne

partHighRange = abs(f5)>f1&abs(f5)<f2; % højfrekvenerne

Fpart\_low = f5(partLowRange); % Frekvensspektret af de lave frekvenser

raw\_input5AC\_low = raw\_input5AC(partLowRange); % 5 sekunders signalet med de lave frekvenser

Fpart\_high = f5(partHighRange); % Frekvensspektret af de høje frekvenser

raw\_input5AC\_high = raw\_input5AC(partHighRange); % 5 sekunders signalet med de høje frekvenser

E\_low = myEnergy(raw\_input5AC\_low) % Energien under 1000 Hz

E\_low = 519.4604

E\_high = myEnergy(raw\_input5AC\_high) % Energien over 1000 Hz

E\_high = 1.3231e+04

Vi har her splittet signalet op i høje- og lavfrekvenser og beregnes os frem til energiinholdet i de to dele.

## I.

**Bestem energiforholdet Elow/Ehigh. Hvad betyder dette forhold?**

Her bestemmes energiforholdet mellem det lavfrekvens- og højfrekvensområde.

E\_forhold = E\_low/E\_high % Energiforholdet af E\_low/E\_high

E\_forhold = 0.0393

E\_forhold\_pro = E\_low/E\_high\*100 % Energiforholdet af E\_low/E\_high i procent

E\_forhold\_pro = 3.9260

E\_f = 100/E\_forhold\_pro % E\_low er cirka 25 gange mindre end E\_high

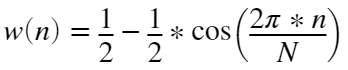
E\_f = 25.4713

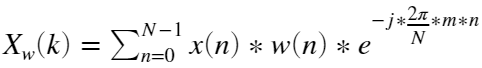
Forholdet beskriver at e\_low er cirka 25 gange mindre end E\_high, hvilket betyder at amplituden er meget større ved de høje frekvenser, hvilket også ses på de 4 plot i opgave E.

## J.

**Gang et Hanning-vindue på signalet og lav igen frekvenstransformation. Vis spektret. Gør vinduet nogen forskel i dette tilfælde? Hvorfor/hvorfor ikke?**

Her tilføjet vi signalet med et Hanning-vindue for at se forskellen.

Hanning-vindue: 

Vinduesfunktion: 

Win funktionen er lånt fra BlackBoard fra Kristian Lomholdt.

window = win(N5,'hanning'); % Hanning-vindue

n\_hanning = 0:N5-1; % Sample tæller for de første 5 sekunder

plot(n\_hanning\*Ts, window); % Plot af Hanning-vindue

title('Hanning-vindue'); % Titel

xlabel('Tid [s]'); ylabel('Amplitude'); % x- og y-label

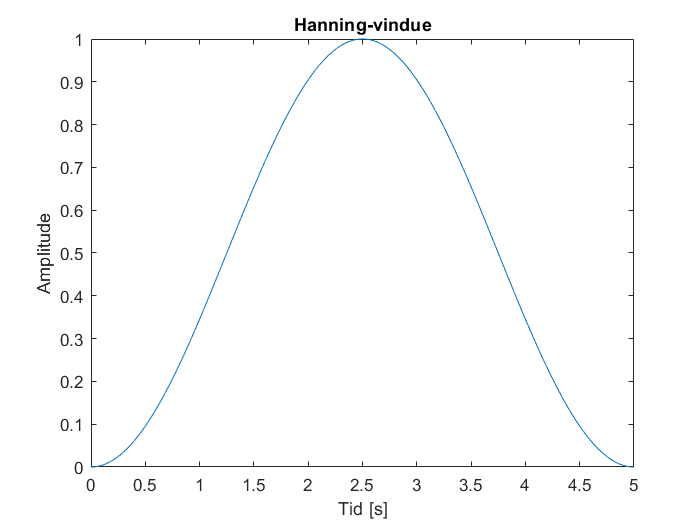


Figure - Plot af Hanning-vindue

Her ses plottet af Hanning-vinduet.

raw\_win = raw\_input5AC.\*window; % raw\_input af de første 5 sekunder uden DC ganget med Hanning-vindue

plot(n\_hanning\*Ts, raw\_win); % Plot af raw\_input første 5 sekunder uden DC ganget med Hanning-vindue

title('Raw input uden DC værdi ganget med Hanning-vindue'); % Titel

xlabel('Tid [s]'); ylabel('Amplitude [V]'); % x- og y-label

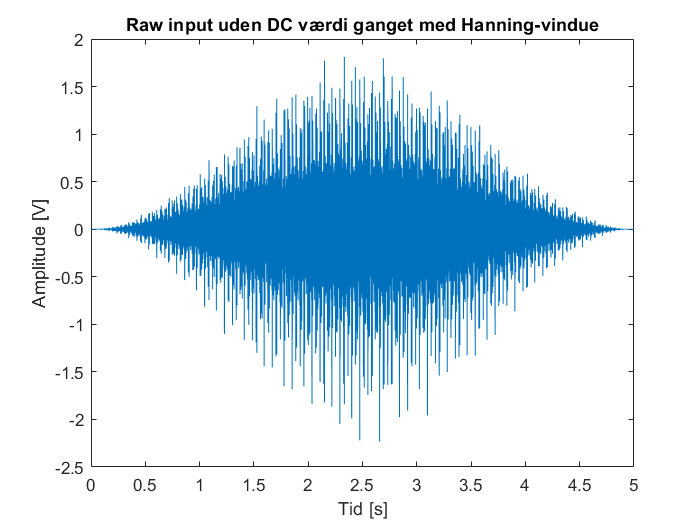


Figure - Plot af Raw\_input uden DC-værdi ganget med Hanning-vindue

Her ses Hanning-vinduet påtrykket raw\_input signalet

DFT\_org\_win = fft(raw\_win); % DFT ganget med Hanning-vindue

plot(f5, abs(DFT\_org\_win)\*2/N5); % Plot af Original DFT ganget med Hanning-vindue

title('DFT af Raw input uden DC værdi ganget med Hanning-vindue'); % Titel

xlabel('Frekvens [Hz]'); ylabel('Amplitude [V]'); % x- og y-label

xlim([0,fs/2]); % x-akse skalering

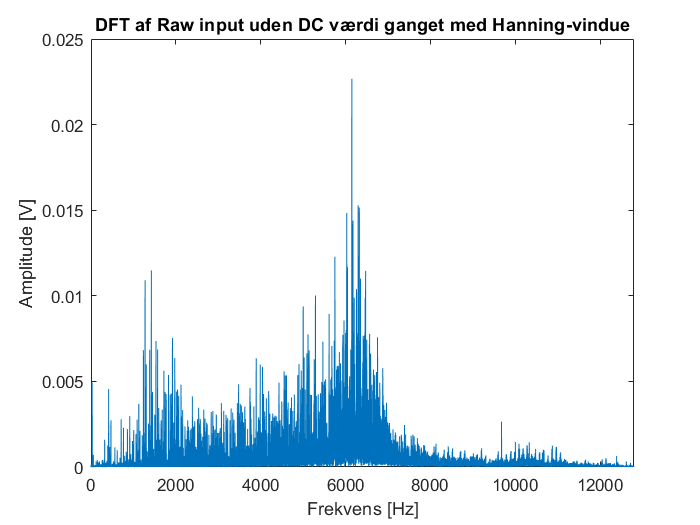


Figure - Plot af DFT af Raw\_input uden DC-værdi ganget med Hanning-vindue

Her er Hanning-vinduet påtrykket med signalet på de første 5 sekunder uden DC og herefter udført DFT.

Det ses ved plottet ovenfor, at amplituden er minimeret ved DFT'en ganget med Hanning-vinduet. Vi får dæmpet de lave energier, men også den dominerende frekvens. Man kunne også korrigere for dette, men så vil vi få det oprindelige plot, hvilket ikke giver mening.

## K.

**Beregn igen AC RMS-værdien, og energien for de første 5 sekunder af signalet, nu med Hanning-vinduet ganget på. Hvad gør Hanning vinduet ved disse værdier?**

Her finder vi AC RMS-værdien, og energien for signalet med Hanning-vinduet og sammenligner værdierne for tidligere uden Hanning-vinduet.

rmsHann = myRMS(raw\_win) % RMS-værdien med Hanning-vinduet

rmsHann = 0.1996

energiHann = myEnergy(raw\_win) % Energien med Hanning-vinduet

energiHann = 5.1017e+03

rms\_forskel = rmsHann/rms\*100 % RMS-forholdet i procent

rms\_forskel = 60.9105

energi\_forskel = energiHann/energi\*100 % Energi-forholdet i procent

energi\_forskel = 37.1009

Efter at Hanning-vinduet er ganget på raw\_input signalet, så er RMS-værdien dæmpet cirka 60% og energien er dæmpet cirka 37%.

## L.

**Lav en udglatning/smoothing af signalet i frekvensdomænet og vis det resulterende spektrum på et plot. Diskuter hvornår det bør bruges, og hvad det gør ved den dominerende frekvens.**

For at lave en udglatning, anvendes funktionen smoothMag som tage n foregående og n efterfølgende og finder gennemsnittet.

Nu plottes det udglattet signal af amplitude spektrum, med lineære akser.

plot(f5(floor(1:end/2)), DFT(floor(1:end/2))); % Plot af DFT med linear x- og y-akse med smoothing

title('Amplitude spektrum af DFT med linear x- og y-akse med smoothing'); % Titel

xlabel('Frekvens [Hz]'); ylabel('Amplitude [V]'); % x- og y-label

xlim([0,fs/2]); % x-akse skalering

hold on

smoothened=smoothMag(DFT(floor(1:end/2)),99); % Smoothing

plot(f5(floor(1:end/2)),smoothened,'r','LineWidth',1); % Plot af smoothing

legend('Original','Smoothend'); % Benævnelser

hold off

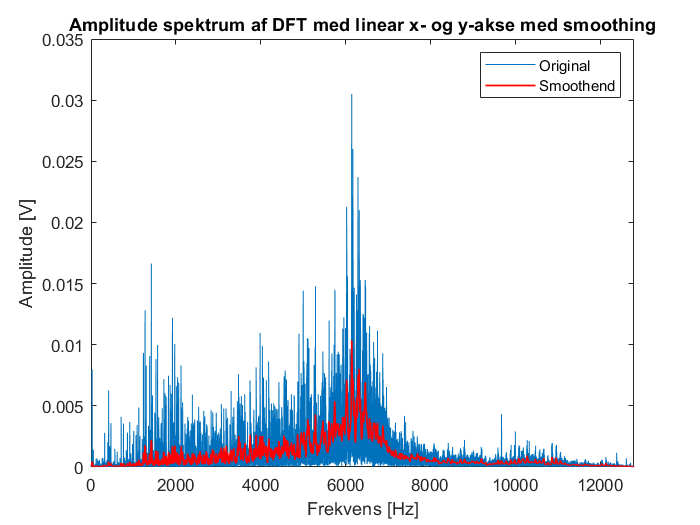


Figure - Plot af amplitude spektrum af DFT med lineær x- og y-akse med smoothing

Nu plottes det samme udglattet signal med en amplitude akse i dB.

plot(f5(floor(1:end/2)), 20\*log10(DFT(floor(1:end/2)))); % Plot af DFT med linear x-akse og dB y-akse med smoothing

title('Amplitude spektrum af DFT med linear x-akse og dB y-akse med smoothing'); % Titel

xlabel('Frekvens [Hz]'); ylabel('Amplitude [V] dB'); % x- og y-label

xlim([0,fs/2]); ylim([-144.6000 0]); % x- og y-akse skalering

hold on

smoothened=smoothMag(20\*log10(DFT(floor(1:end/2))),99); % Smoothing

plot(f5(floor(1:end/2)),smoothened,'r','LineWidth',1); % Plot af smoothing

legend('Original','Smoothend'); % Benævnelser

hold off

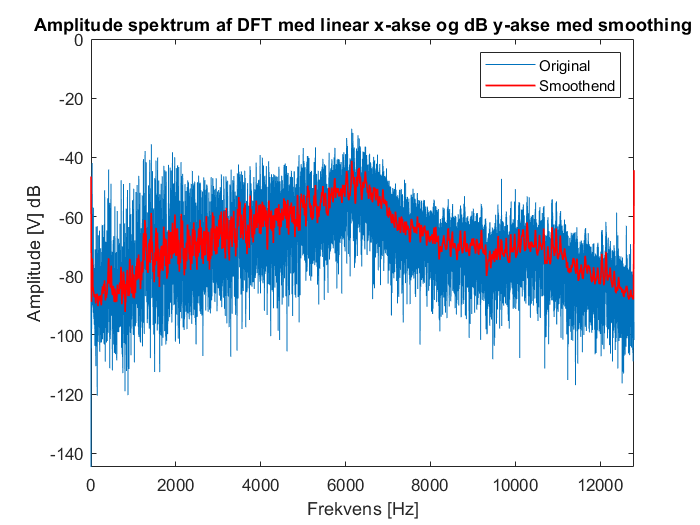


Figure - Plot af amplitude spektrum af DFT med lineær x-akse og dB y-akse med smoothing

Det ses tydeligt at amplituden af den dominerende frekvens bliver udglattet, dæmpet. Derfor vil det ikke være ideelt at bruge funktionen til det første plot. Det kan dog anvendes i det andet plot, da der ikke er så store udsving generelt set.

# Konklusion

I dette miniprojekt har jeg lyttet på og bearbejdet et signal fra en vindmølle. Gennem rapporten har vi fået skabt et analysesystem, som er blevet brugt på et signal med vindmøllestøj. Dette er løst gennem en række del opgaver undervejs, hvor vi har lært at anvende nogle nye matlab funktioner.