Technische Universität Berlin
Fakulät IV
Institut für Energie und Automatisierungstechnik
Fachgebiet Elektronische Mess- und Diagnosetechnik

Praktikum Messdatenverarbeitung
Betreuer: José-Luis Bote-Garcia
SS2018

Versuchsprotokoll 4

Spektralanalyse II

Serdar Gareayaghi (374183)
Ongun Türkcüoglu (371690)
Onur Akdemir (375959)
Marjan Chowdhury (344675)

8. Juli 2018

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung

In diesem Labor wird hauptsachlich die Fensterfolgen und der Leckt-Effekt untersucht, in dem das DFT-Spektrum der aufgenommenen Signale mit verschiedenen Fensterungen berechnet wird. Zusätlich wird die Wirkung von Zero-Padding beim Rechteck-und Hanningfenster untersucht. Letztendlich wird der Total Harmonic Distortion berechnet und die Qualität der Netztspannung wird überprüft.

2 Praktikumsaufgaben

2.1 Aufgabe 1

Der Versuchsaufbau ist identisch mit dem Versuchsaufbau für den vorherigen Labortermin. Wie immer, damit ist es wichtig, dass die Sicherheitskabel verwendet sind, denn die Netzspannung (230V) und die Netzfrequenz (50 Hz) können gefährlich werden. Für die Aufnahme der Messdaten werden die Anschlussplatine des Mikrocontrollers und der programmierte Mikrocontroller verwendet.

2.2 Aufgabe 2

Für drei verschiedene Anschnittswinkel wird der Strom aufgenommen und mit Hilfe der DFT die Amplituden-und Phasenspektren gebildet. Unter Berücksichtigung der Periodendaur von 20 ms bzw. der Signalfrequenz von 50Hz, ist die Abtastfrequenz 5000 Hz gewählt, dass es eine ganzzahlige Anzahl von Perioden ergibt. Die Spektren sind in der Abbildungen 1, 2, 3 geplottet.

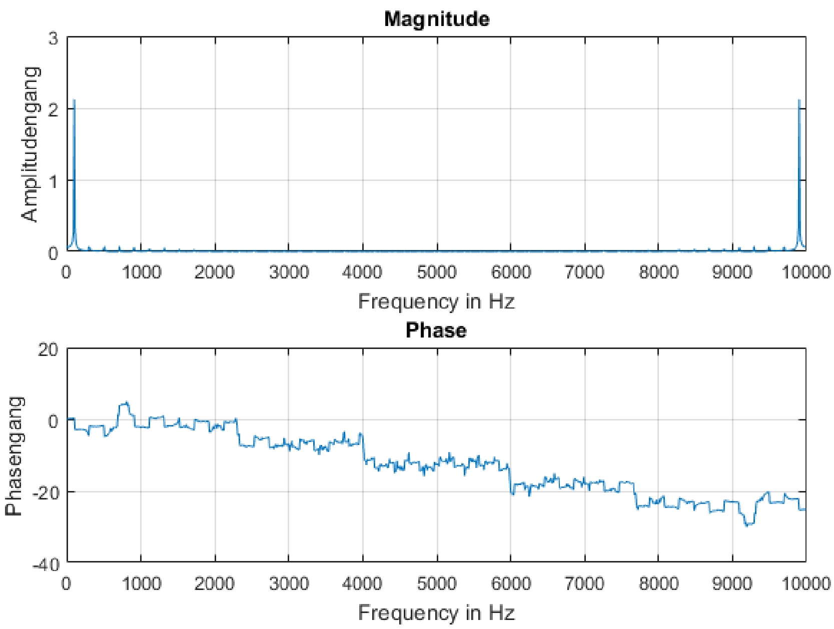

Abbildung 1: DFT-Spektrum für Anschnittswinkel 28°

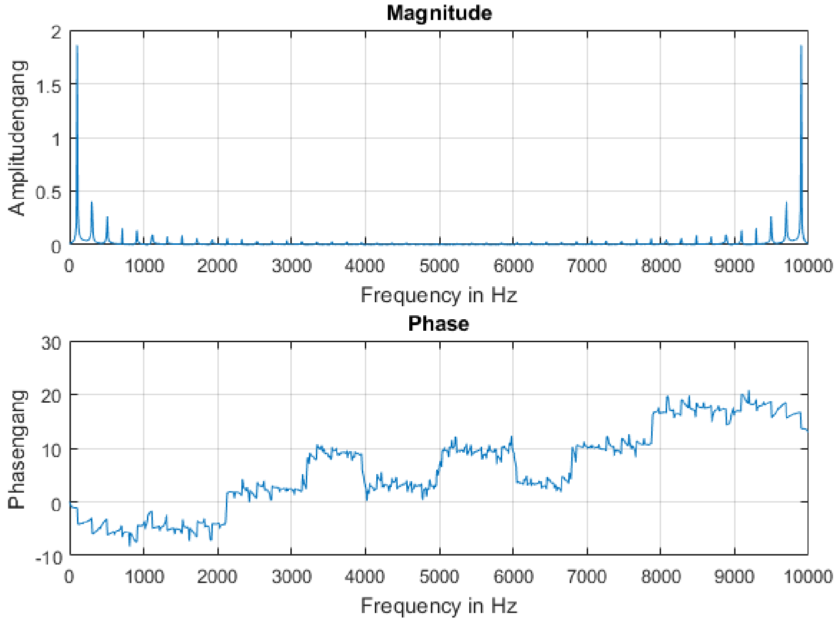

Abbildung 2: DFT-Spektrum für Anschnittswinkel 67°

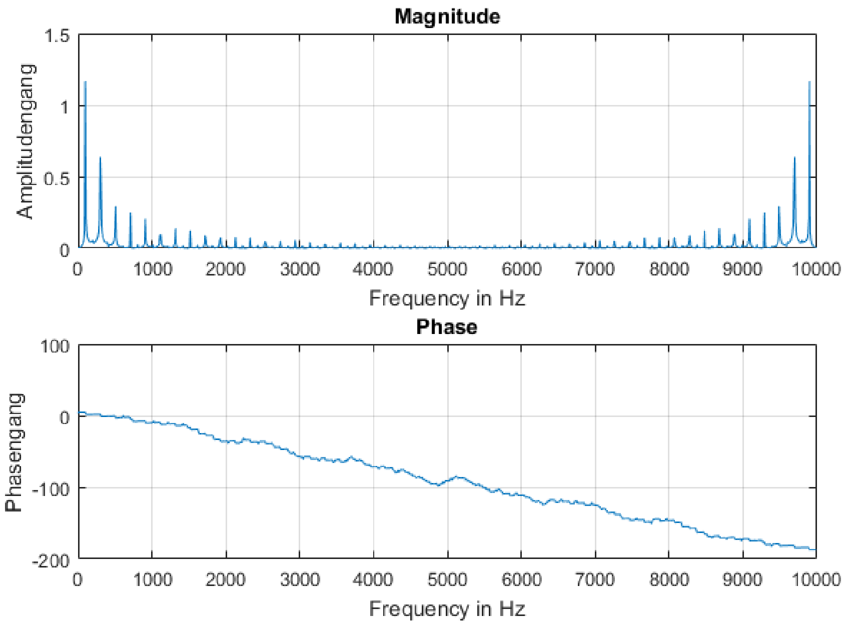

Abbildung 3: DFT-Spektrum für Anschnittswinkel 111°

2.3 Aufgabe 3

Bei der dritten Praktikumsaufgabe muss den Leck-Effekt erstmal angedeutet werden, und anschließend soll dieser Effekt mit der Verwendung unterschiedlicher Fensterfolgen vermeidet werden. Damit der Leck-Effekt überhaupt auftreten kann, muss die Fensterfolge derart ausgewählt werden, dass die Multiplikation des Signals mit dieser Fensterfolge keine ganzzahlige Anzahl an Perioden ergibt.

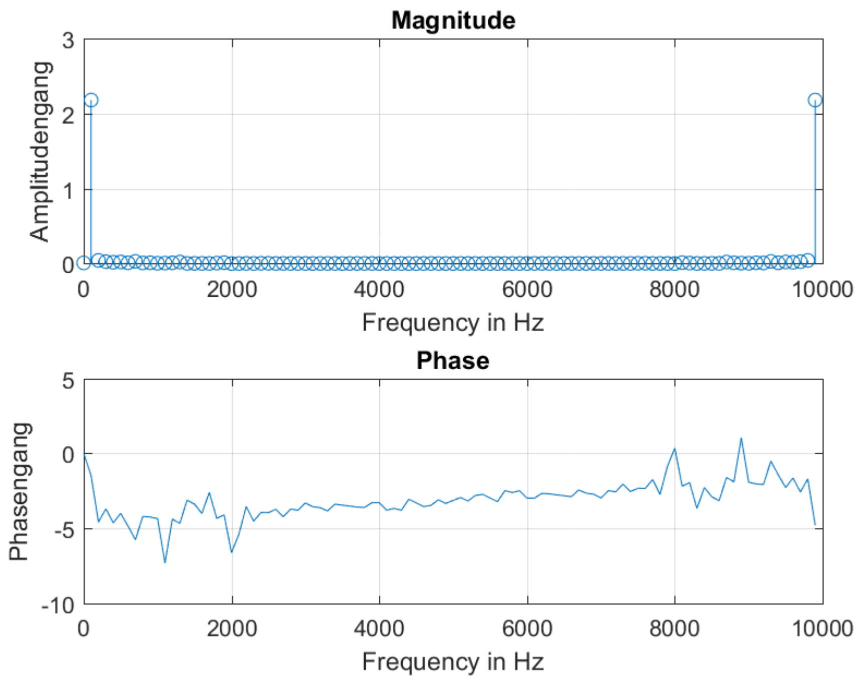

Abbildung 4: DFT-Spektrum des Sinussignals, 1 Periode

Die Abbildungen 4 und 5 zeigen jeweils die DFT-Spektren des Sinussignals mit einer Perioden bzw. mit 1.5 Perioden. Es ist in der Abbildung 4 leicht zu sehen, dass der Leck-Effekt nicht auftritt, also die maximale Amplitude entspricht die Frequenz 50 Hz (also Netzfrequenz). Die Amplituden anderer Frequenzanteile sind dabei null, also es gibt keinen Anteil der maximalen Amplitude, der zu anderen Frequenzanteilen geleckt ist.

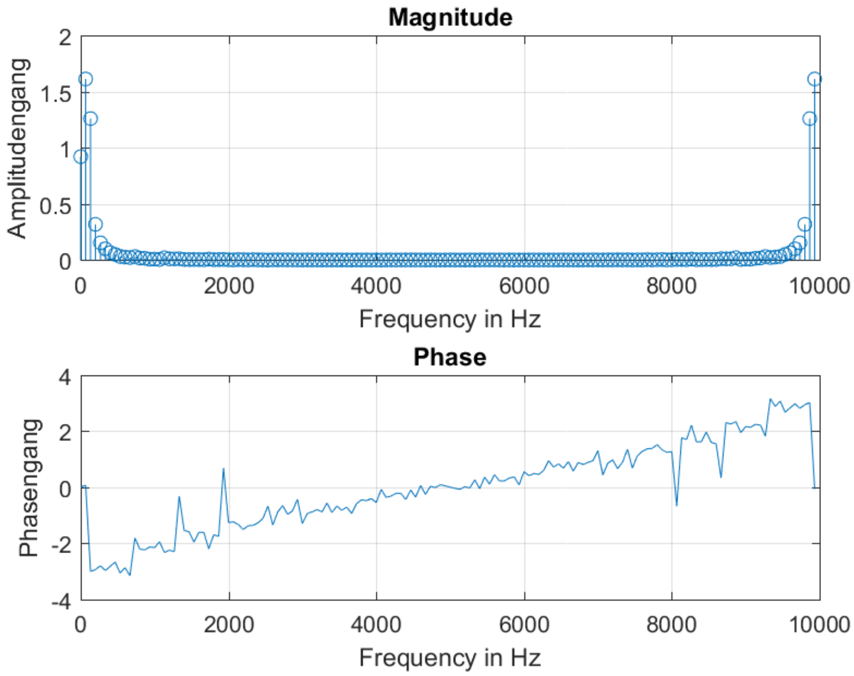

Abbildung 5: DFT-Spektrum des Sinussignals, 1.5 Periode

Im Gegensatz zu der Abbildung 4 zeigt die Abbildung 5 einen starken Leck-Effekt. Die maximale Amplitude dabei ist kleiner als die maximale Amplitude in der Abbildung 4 und die Anteile der Amplitude sind zu anderen Frequenzanteilen geleckt. Der Leck-Effekt ist stark aufgetreten, weil die Abbildung das DFT-Spektrum eines 1.5-periodenlang Sinussignals zeigt.

Jedoch kann dieser Leck-Effekt vermeidet werden, indem unterschiedliche Fensterfolgen mit dem Signal vor der Diskreten Fouriertransformation multipliziert werden. Mögliche Fensterfolgen sind: Blackman, Hamming, Hanning, Dreieck, usw. Die Fensterung vermindert den Einfluss des Leck-Effekts bis zu einem gewissen Punkt, trotzdem sind Leck-Effekte beobachtbar. Die Abbildungen 6, 7, 8 zeigen jeweils die Wirkungen der Fensterfolgen Blackman, Hamming und Hanning.

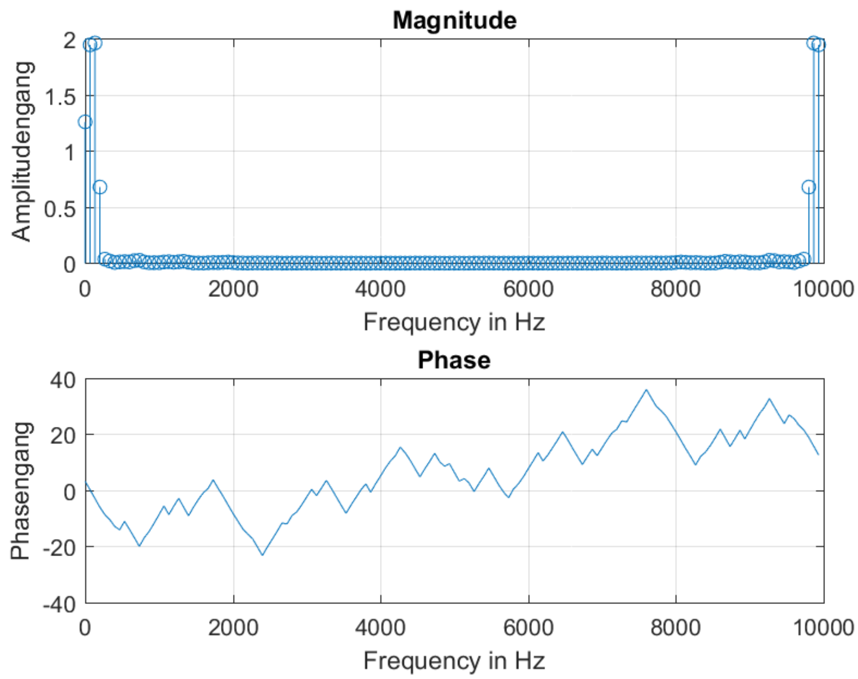

Abbildung 6: DFT-Spektrum des gefensterten Sinussignals, Blackman

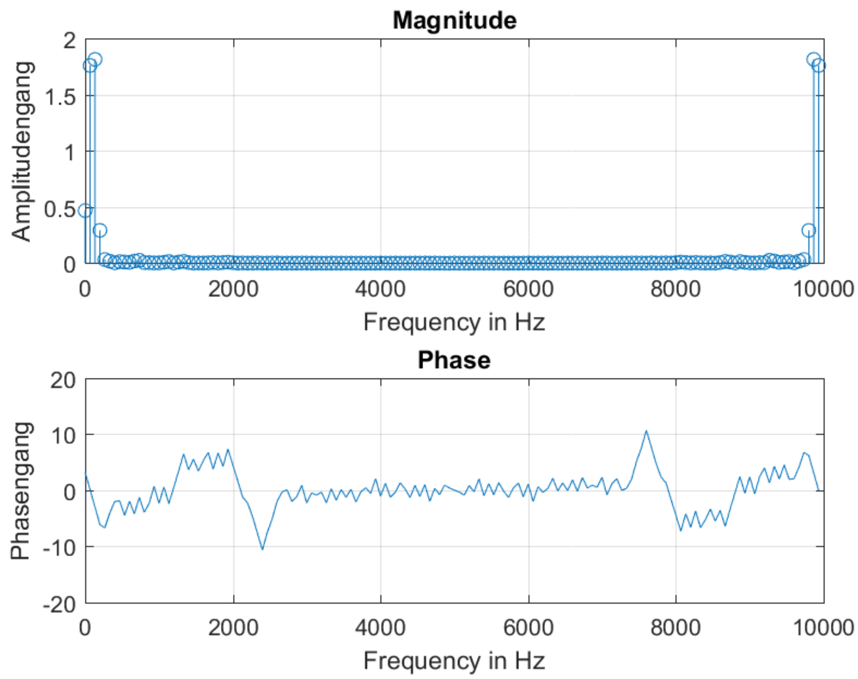

Abbildung 7: DFT-Spektrum des gefensterten Sinussignals, Hamming

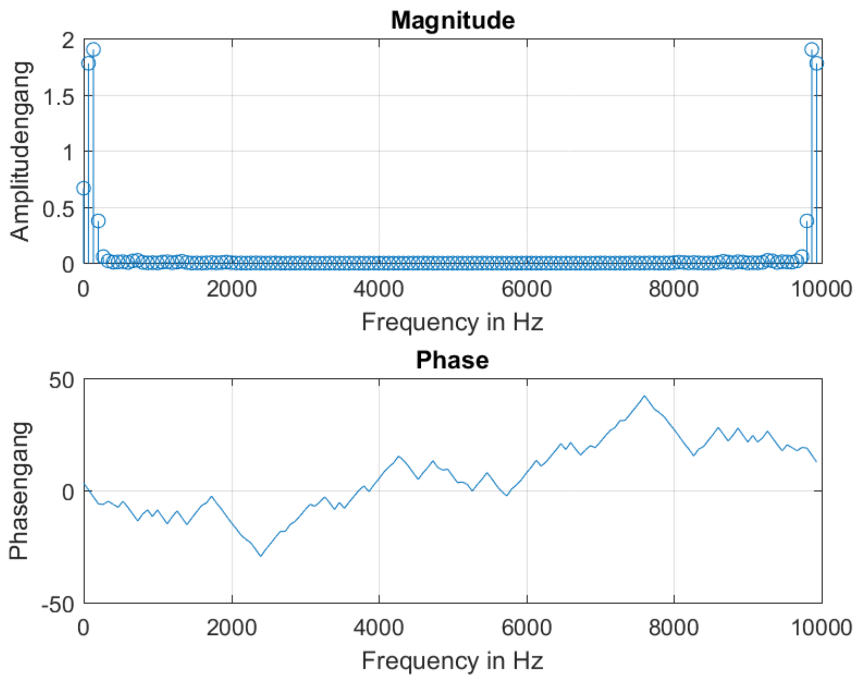

Abbildung 8: DFT-Spektrum des gefensterten Sinussignals, Hanning

Bei jeder Fensterung ist es zu beobachten, dass die maximale Amplituden höher als die maximale Amplituden des Rechteckfensters (siehe Abbildung 5) sind. Dementsprechend sind die Amplituden anderer Frequenzanteile auch kleiner, weil sie wegen der Fensterung zu dem originalen Frequenzanteil wieder geshiftet sind.

2.4 Aufgabe 4

Es soll ein Netzoberschwingungsanalysator auf DFT-Basis realisert und die Qualität der Netztspannung überprüft, indem der Total Harmonic Distortion (THD) berechnet wird. Die Formel für die Berechnung der THD ist:

$$THD = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \cdots + U_N^2}}{U_1^2} \tag{1}$$

Für die Berechnung der Total Harmonic Distortion wird der folgende Code im Matlab umgesetzt:

```
function [thd,i,grundfreq] = TotalHarmonicDistortion(signal)
%Eingang: signal
%Ausgang: thd = Total-Harmonic-Distortion
%          i = Anzahl der Obershwingungen

v_signal = Code2Volt(signal,65.5549,-9.8077);

fs= 5000;

anzahlmesswerte = length(signal);
signal_fft = fft(v_signal);
signal_fft_new = signal_fft(1:length(signal_fft)/2);
abs_signal_fft = abs(signal_fft_new);

[max_signal, index] = max(abs_signal_fft); %Grundschwingung finden

harmonyinterval = index-1; %Der Abstand zwischen
                           %die Oberschwingungen feststellen
start = index+harmonyinterval; %Die erste Oberschwingung
f = (0:anzahlmesswerte/2-1)*((fs)/anzahlmesswerte);
i = 0;
for k=start:harmonyinterval:length(abs_signal_fft)
    %Ein Vektor f?r die Oberschwingungen erstellen
i= i+1;
    harmonics(i) = abs_signal_fft(k);

end

grundfreq = f(index);
thd = 100*sqrt(sum(power(harmonics,2)))/ max_signal;

disp('Frequenz␣der␣Grundschwingung␣ist:');
disp(grundfreq);

disp('Total-Harmonic-Distortion␣in␣prozent␣ist:');
disp(thd);

disp('Die␣Anzahl␣der␣Oberschwingungen␣ist:');
disp(i);
end
```

Listing 1: Code für die Bestimmung der THD

Mit der Funktion wird die Total Harmonic Distortion für die Netzspannung ohne Dimmer (also kein verzerrtes Signal) als 1.80% angegeben. Damit ist die Netzspannung in Normalbedingungen mit der europäischen Norm EN 50160 konform.

Die Analyse der Oberschwingungen kann bis zu einer beliebigen N-ten Oberschwingung durchgeführt werden. Die Oberschwingungen höherer Ordnungen tragen jedoch im Vergleich zu der niedrigeren Ordnungen wenig zu der Total Harmonic Distortion mitein, weil die Amplituden höherer Frequenzanteile im Grunde genommen relativ klein sind. Mit der oben angegebenen Funktion wird die Analyse bis zur 48-ten Oberschwingung durchgeführt.

Ein verzerrtes Sinussignal hat selbstverständlich mehrere Oberschwingungen, bzw. sind die Amplituden dieser Oberschwindungen größer als im Normalfall. Deswegen ist der THD eines phasenangeschnittenes Sinussignal in der Regel größer. Zum Beispiel ist der THD einer verzerrten ($67.68°$ - Phasenanschnittswinkel) Netzspannung etwa 22.91%.

3 Abgabeaufgaben

3.1 Spektrum der Rechteck-und Hanningfensterfolge

Eine Rechteckfensterfolge mit 16 Werten wird generiert und die DFT-Spektrum wird anhand der Matlab-Function Spektrum(); berechnet.

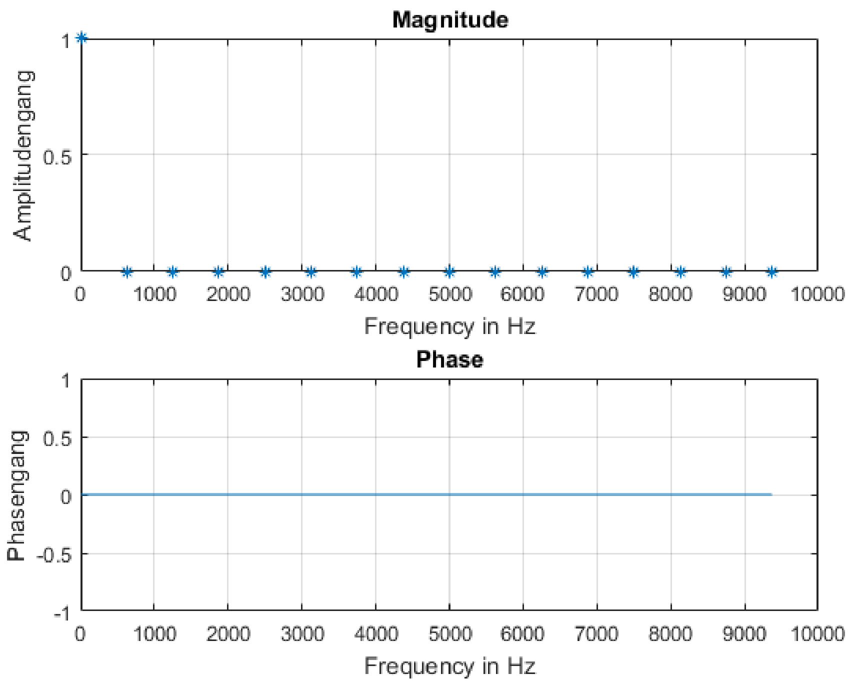

Abbildung 9: DFT-Spektrum der Rechteckfenster

Die Amplitudengang fängt bei 1 an und fällt auf 0 für die restliche Gang. Die Phasengang ist eine konstante Linie und besitzt den Wert 0.

Wie bei der Rechteckfensterfolge wird nun eine Hanningfensterfolge generiert und die DFT-Spektrum wird berechnet.

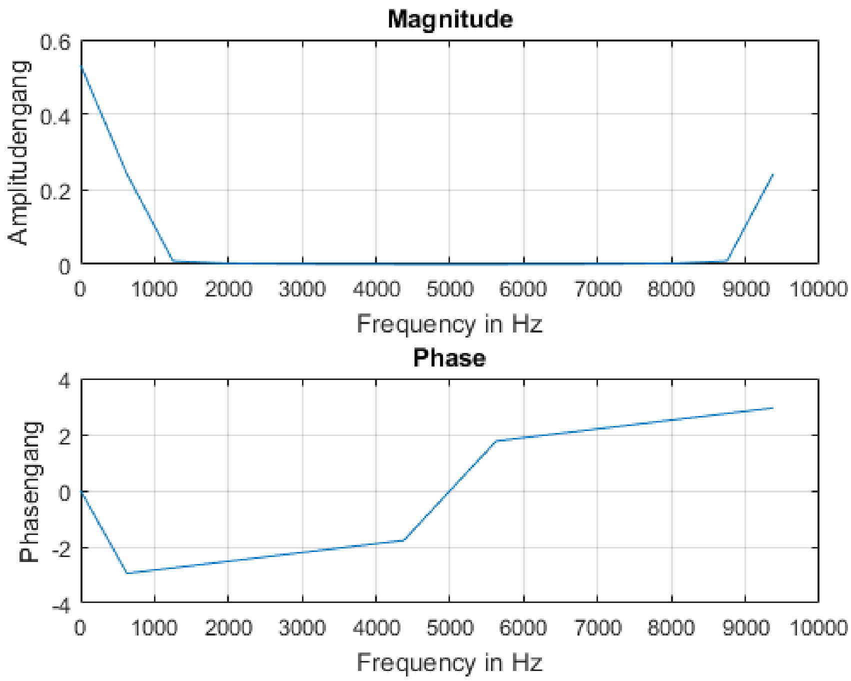

Abbildung 10: DFT-Spektrum der Hanningfenster

Jetzt wird ein Vektor der Länge 2^{20} erzeugt, der mit 0 ausgefüllt ist. Die erste 16 Elemente des Vektors werden mit der Werte von der vorherigen Rechteckfenster belegt. Das Spektrum von dieser Vektor ist an der Abbildung 11 zusehen. Der Vorgang nennt sich Zero-Padding. Gleicher Prozess wird auch für der Hanningfenster gemacht und das Spektrum ist an der Abbildung 12.

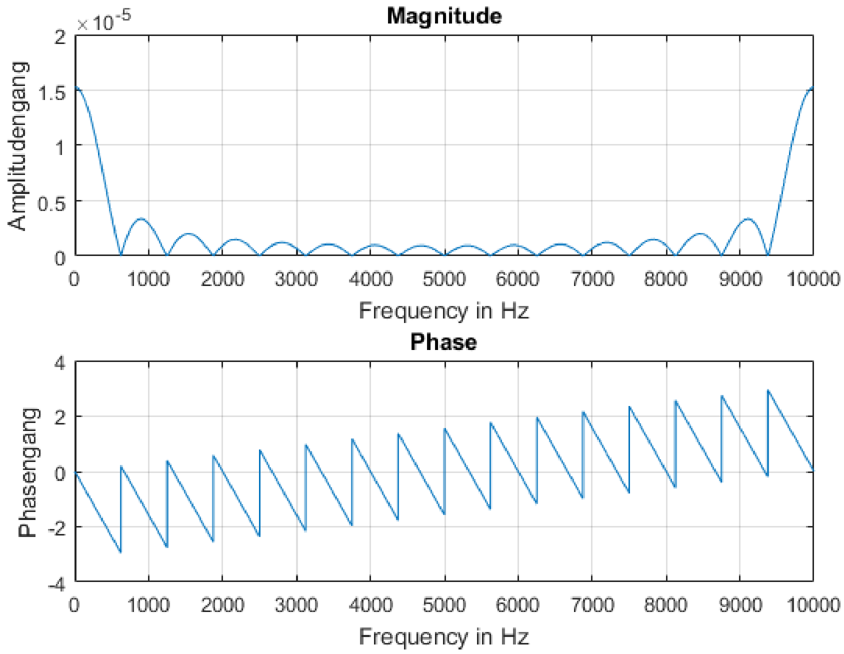

Abbildung 11: DFT-Spektrum der Rechteckfenster mit Padding

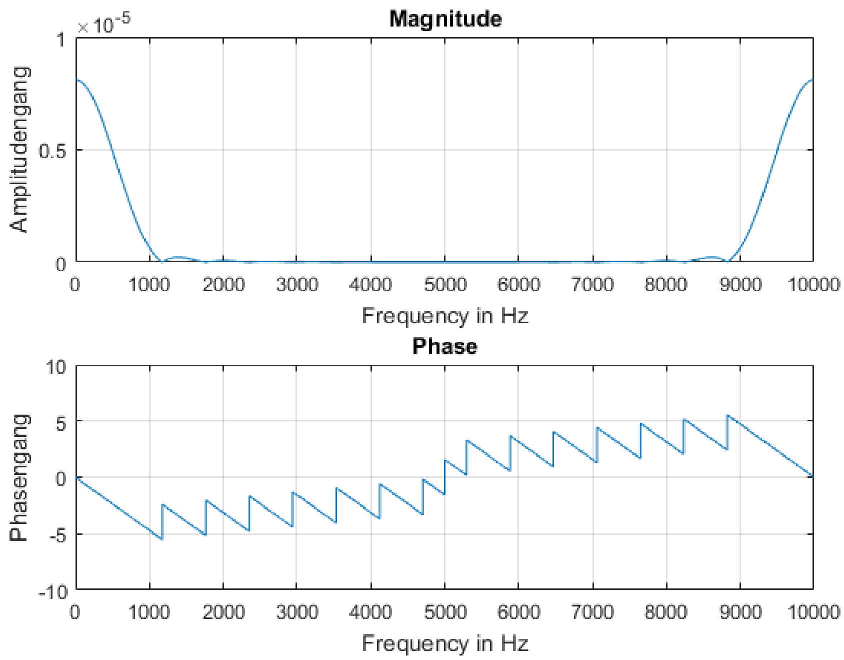

Abbildung 12: DFT-Spektrum der Hanningfenster mit Padding

Zero-Padding ist das Ausfüllen eines Vektors mit Nullen, welcher einen längeren Vektor erzeugt. Die Diskrete Fouriertransformation dieses Vektors erzeugt dementsprechend auch einen längeren FFT-Vektor. Daraus folgt, dass die Intervalle der Frequenzanteilen sehr dicht nebeneinander stehen, welcher die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass die maximale Amplitude zu dem richtigen Frequenzanteil zugewiesen wird.

3.2 Aufgabe 2

Diese Aufgabe wurde bei der dritten bzw. vierten Praktikumsaufgabe erklärt und geantwortet.