



TU Berlin Fakultät IV
Institut für Energie und Automatisierungstechnik
Fachgebiet Elektronische Mess- und Diagnosetechnik
Praktikum Messdatenverarbeitung

Praktikum Messdatenverarbeitung

Termin 7

Özgü Dogan (326 048)
Timo Lausen (325 411)
Boris Henckell (325 779)

5. Juli 2012

Gruppe: G1 Fr 08-10

Betreuer: Jürgen Funk

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbereitungsaufgaben	1
1.1	Vorbereitungsaufgaben zu Termin 7	1
1.1.1	Chirp-Signal erzeugen	1
1.1.2	Matlab-Funktion: Frequenzverlauf über der Zeit	2
1.1.3	Matlab-Funktion: Frequenzverlauf anhand Spektrogramm	3
1.1.4	Drehzahl-Berechnung anhand Amplitudenspektrum des Motorstroms	4
1.2	Vorbereitungsaufgaben zu Termin 8	7
1.2.1	Zerlegung des Signals mittels Haar-Transformation	7
1.2.2	Darstellung der Approximationen	7
1.2.3	Daubechies-Wavelets	8
1.2.4	Vergleich der Zerlegungen mittels Daubechies-Wavelets und Haar-Wavelets	10
2	Durchführungen	12
2.1	Durchführung zu Termin 7	12
2.2	Durchführung zu Termin 8	12
3	Auswertung	12
3.1	Auswertung Termin 7	12
3.2	Auswertung Termin 8	12
4	Quellcodes	13
4.1	Codes aus Termin 7	13
4.1.1	Frequenzverlauf über der Zeit	13
4.1.2	Frequenzverlauf aus dem Spektrogramm	13
4.1.3	Algorithmus zur Drehfrequenzberechnung	14
4.2	Codes aus Termin 8	16
4.2.1	Funktion haardec.m	16
4.2.2	Funktion haardeclevel.m	16
4.2.3	Funktion getAppDet.m	17

1 Vorbereitungsaufgaben

1.1 Vorbereitungsaufgaben zu Termin 7

1.1.1 Chirp-Signal erzeugen

Als erstes sollte anhand Matlab ein chirp-Signal erzeugt und untersucht werden. Dieser wurde mit dem Aufruf `chirp()` erzeugt, dem man einen Zeitvektor, die Startfrequenz und weitere Angaben über den Verlauf geben konnte. Bei unserem Signal sollte ein linearer Frequenzanstieg erfolgen.

Als Beispiel wurde folgendes Signal erstellt:

`t = 0 : 0.001 : 2`

`chirp(t,0,1,100)`

Das Chirp-Signal und das Spektrogramm dazu sehen so aus:



Abb. 1: erzeugtes Chirp-Signal über der Zeit



Abb. 2: Spektrogramm des erzeugten Chirp-Signals

Man sieht einen Sinusverlauf, dessen Frequenz mit der Zeit immer größer wird. Wir vermuten einen linearen Abstieg der Frequenz. Im Spektrogramm kann man deutlich sehen, dass nach einer Sekunde die Frequenz den erwünschten Wert von 100Hz annimmt.

Weiterhin kann man die Auswirkung der Eingabevariablen des Spektrogrammaufrufs auf das entstehende Spektrogramm untersuchen. Hier sind zwei Beispiele, in denen einmal die Überlappungsfläche zwischen zwei Segmenten verkleinert wird und einmal die verwendete Fenstergröße vergrößert wird.



Abb. 3: Überlappung zwischen den Segmenten im Spektrogramm wird kleiner gewählt



Abb. 4: verwendete Fensterfolge wird größer gewählt

Innerhalb des gewählten Fensters, kann das verwendete Signal als stationär angenommen werden. Wird das Beobachtungsfenster kürzer, nimmt auch die Frequenzauflösung ab. Wird das Fenster zu groß, kann wiederum das Signal innerhalb des Fensters nicht mehr als stationär angenommen werden. Die Verschlechterung und Ungenauigkeiten im Spektrogramm kann man in den Plots oben gut erkennen.

1.1.2 Matlab-Funktion: Frequenzverlauf über der Zeit

Als nächstes sollte eine Matlab-Funktion erstellt werden, die im Zeitbereich die momentane Frequenz ermittelt. Dieser berechnete Frequenzverlauf über der Zeit sollte geplottet und mit dem erwarteten Verlauf verglichen werden. In die erstellte Funktion kann in den Codes am Ende des Protokolls eingesehen werden. Der entstandene Plot ist hier zu sehen:



Abb. 5: Chirp-Signal und der dazugehörige Frequenzanstieg, berechnet aus dem Zeitsignal

Da beim Erstellen des Chirpsignals ein linearer Anstieg der Frequenz vorausgesetzt war, wurde auch ein linearer Frequenzverlauf erwartet. Das Ergebnis bestätigt die Erwartung.

1.1.3 Matlab-Funktion: Frequenzverlauf anhand Spektrogramm

Nun sollte der gleiche Frequenzverlauf anhand des Spektrogramms ermittelt werden. Dafür implementierten wir eine weitere Matlab-Funktion, welche in den Codes zu sehen ist. Das erwartete Ergebnis war wieder ein positiver linearer Anstieg.



Abb. 6: Chirp-Signal und der dazugehörige Frequenzanstieg, berechnet aus dem Spektrogramm

1.1.4 Drehzahl-Berechnung anhand Amplitudenspektrum des Motorstroms

Zuletzt wurde die Drehzahl des verwendeten Motors berechnet. Dafür wurden uns drei Messreihen mit jeweils Strom- und Tachomesswerten vorgegeben. Zunächst sollten die Amplitudenspektren der Motorströme erstellt werden, welche uns durch die DFT der Stromwerte gelang. Die erhöhten Amplitudenwerte entsprachen dabei den einfachen Vielfachen der Drehfrequenz des Motors mit der jeweiligen Versorgungsspannung. Die deutlich herausstehenden Peaks dagegen traten nur bei dem 18- oder 36-fachen Vielfachen der Drehfrequenz auf. Dieses Wissen nutzen wir, indem wir anhand eines Matlabalgorithmuses den höchsten Peak mit Index ausgaben lassen (die höchsten Peaks waren stets jene, die am nächsten zu der null standen), um daraus eine Frequenz zu bestimmen und durch 18 zu teilen. So berechneten wir die drei geforderten Drehfrequenzen. Der Algorithmus steht in den Codes, die drei Amplitudenspektren sehen folgendermaßen aus:



Abb. 7: Spektrum des Motorstroms bei 10V

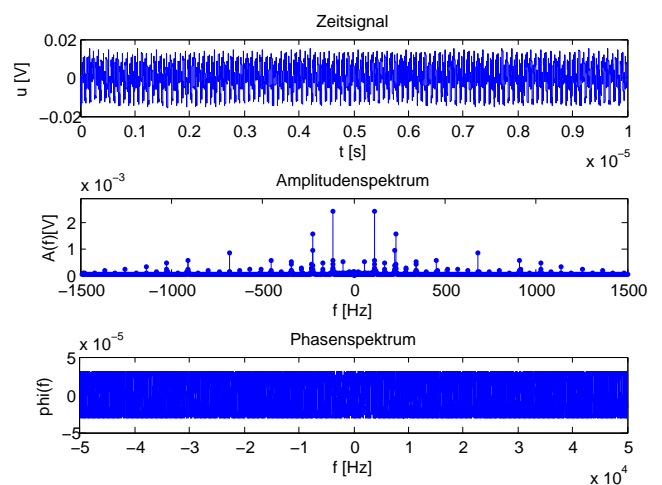


Abb. 8: Spektrum des Motorstroms bei 20V



Abb. 9: Spektrum des Motorstroms bei 30V

Die berechneten Drehfrequenzen betragen für die erste Messung (10V) = 2.1389Hz , für die zweite Messung (20V) = 6.3056Hz und für die dritte Messung (30V) = 10.4723Hz .

TODO:

Hier sind die Werte falsch, weil wir die falschen Peaks rausgesucht haben, Fehler muss noch korrigiert werden

1 VORBEREITUNGSAUFGABEN

Außerdem wurden die Drehfrequenzen auch aus den jeweiligen Tachosignalen bestimmt. Dafür wurde genauso vorgegangen wie bei den Motorströmen. Die Spektren sind hier:



Abb. 10: Spektrum des Tachosignals bei 10V



Abb. 11: Spektrum des Tachosignals bei 20V

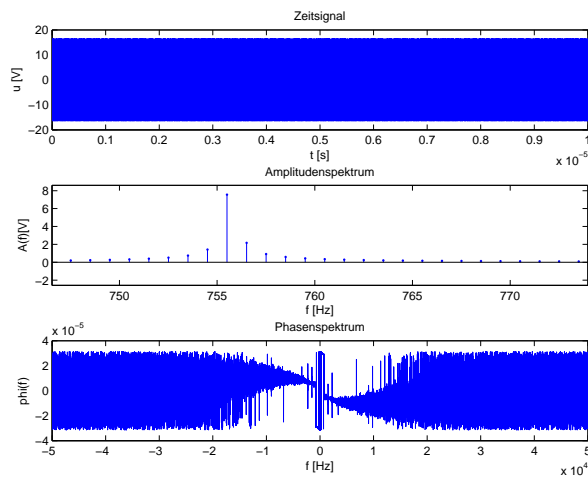


Abb. 12: Spektrum des Tachosignals bei 30V

Die anhand der Tachosignale berechneten Drehfrequenzen betragen für die erste Messung $(10V) = 19.5627Hz$, für die zweite Messung $(20V) = 56.8131Hz$ und für die dritte Messung $(30V) = 94.3134Hz$.

Es fällt auf, dass die Drehzahlen, welche über die Ströme berechnet werden, ca. 4mal kleiner sind als die Drehzahlen über die Tachowerte. Ein konstanter Faktor von 4 kann angenommen werden.

1.2 Vorbereitungsaufgaben zu Termin 8

1.2.1 Zerlegung des Signals mittels Haar-Transformation

In der ersten Vorbereitungsaufgabe des 8. Praktikumstermins wird eine vorgegebene `strom.m` Datei verwendet, welche einen angechnittenen Sinus im Bereich $[0, 8\pi]$ darstellt. Dieses Signal wird mit der Schnellen Haar-Transformation zerlegt. Außerdem wird die Approximation und die Details für die Skalierungen $m = 1 \dots 5$ berechnet werden, wofür die drei Funktionen `haardec.m`, `haardeclevel.m` und `getAppDet.m` implementiert werden. Diese stehen unter den Codes.

1.2.2 Darstellung der Approximationen

Als nächstes werden die Approximationen und die Details des angeschnittenen Sinus-Signals dargestellt und das stationäre Spektrum sowie das Spektrogramm berechnet. Diese spektralen Darstellungen werden mit den Darstellungen mittels Wavelets verglichen. Am Ende soll ermittelt werden, welche Darstellung bestimmte Informationen über das verwendete Signal besser veranschaulicht.

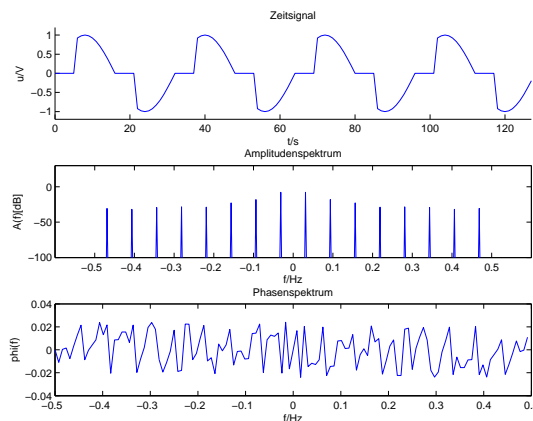


Abb. 13: Spektrum des angeschnittenen Sinus-Signal

Im stationären Spektrum des gegebenen Signals kann man die Frequenzanteile mit ihren entsprechenden Amplituden erkennen.

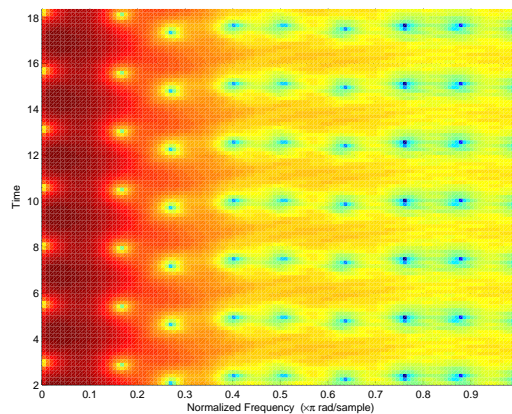


Abb. 14: Spektrogramm des angeschnittenen Sinus-Signal

Außerdem kann man im Spektrogramm des Signals die durch die Anschneidung entstandenen Flanken erkennen. Dies macht sich in dem zeitlich periodischen Farbverlauf des Spektrograms deutlich sichtbar.

Die Darstellungen der Approximationen und der Details für fünf Skalierungslevel sind dabei in der vierten Aufgabe der Vorbereitung dargestellt, wo sie auch zeitgleich mit den Zerlegungen des Daubechies-Wavelets (db3) verglichen werden. Da eine Zerlegung mittels Wavelets eine Tief- und Hochpassfilterung darstellt, kann man es so interpretieren, dass die gefilterten tiefen Frequenzen als Approximationen und die gefilterten hohen Frequenzen als Details abgespeichert werden. Je öfter eine Zerlegung stattfindet, desto öfter wird die Approximation hoch- und tiefpassgefiltert, wodurch am Ende in dem Approximationsvektor nur noch die aller tiefsten Frequenzen enthalten sind.

1.2.3 Daubechies-Wavelets

Nun wird das angeschnittene Sinus-Signal mit Hilfe von Daubechies-Wavelets zerlegt. Dazu verwenden wir die Matlab-Funktionen `wavedec`, `appcoef` und `detcoef` und variieren die Anzahl der verschwindenden Momente der Wavelets, indem wir bei der `wavedec.m` Ausführung die Wavelets `db1`, `db5`, `db10` und `db15` wählen. Damit werden die verschwindenden Momente in jedem Wavelet 1, 5, 10 und 15 betragen. Es werden nur die Zerlegungen in Level 2 angezeigt.

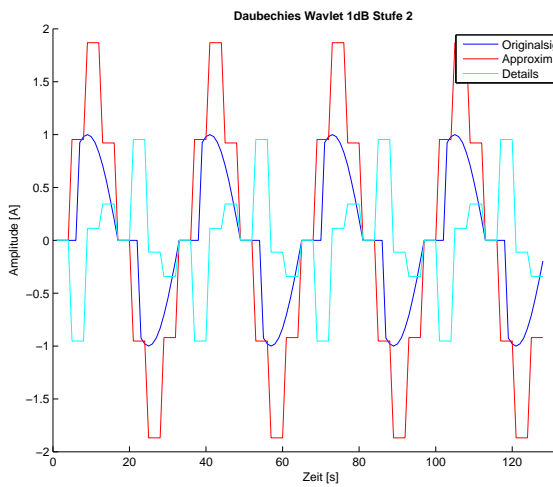


Abb. 15: Daubechies-Wavelet mit 1 vanishing moment

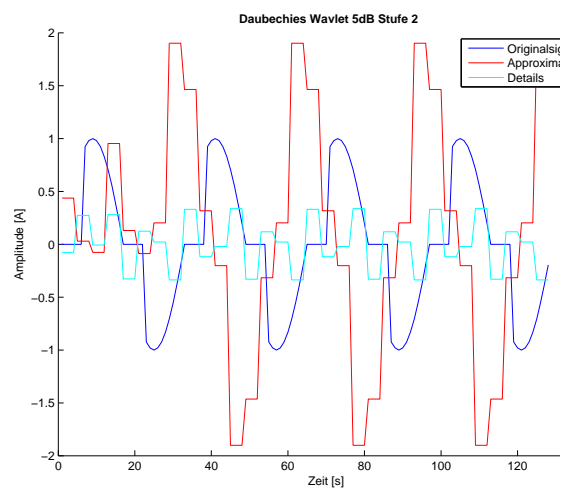


Abb. 16: Daubechies-Wavelet mit 5 vanishing moment

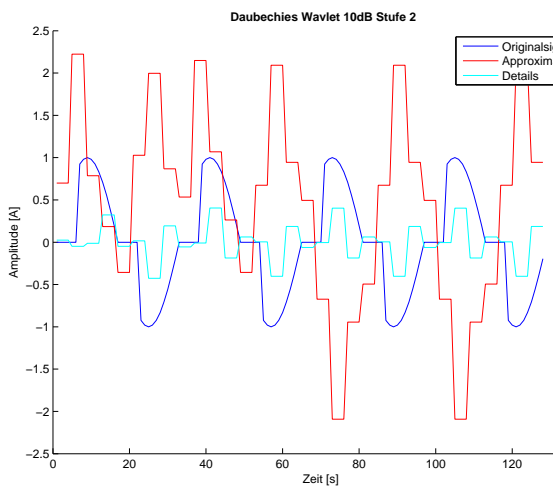


Abb. 17: Daubechies-Wavelet mit 10 vanishing moment

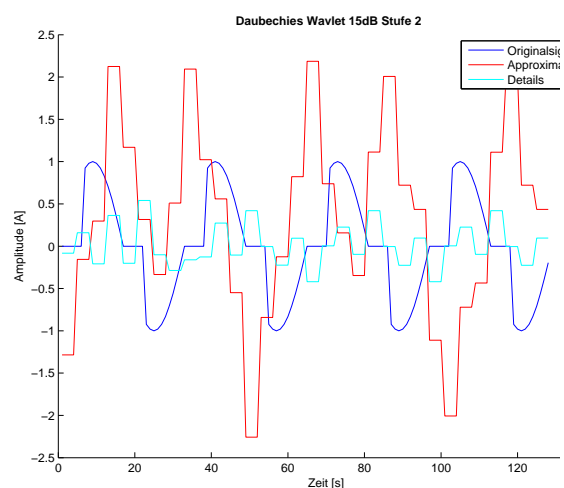


Abb. 18: Daubechies-Wavelet mit 15 vanishing moment

Man kann sehen, dass sich die Zerlegungen deutlich voneinander unterscheiden. Gehen wir zunächst auf die Approximationen ein. Es ist deutlich, dass es bei der ersten Darstellung mit nur einem verschwindenden Moment kaum einen Unterschied zu einer Haar-Wavelet Zerlegung gibt, wohingegen es bei der Zerlegung mit fünf verschwindenden Momenten der Verlauf der Approximationen sich ein wenig verändert. Wird die Anzahl der verschwindenden Momente auf zehn verdoppelt, so wird der Verlauf noch unkontinuierlicher und einzelne Amplituden fangen an zu schwanken. Bei fünfzehn bestätigt sich diese Beobachtung sogar verstärkter. Sieht man sich die Details der Zerlegungen an, entdeckt man ebenfalls eine Veränderung. Ähnlich wie bei den Approximationen wird der kontinuierliche Verlauf mit steigender Anzahl an verschwindenden Momenten gestört und die Amplituden variieren und verkleinern sich.

1.2.4 Vergleich der Zerlegungen mittels Daubechies-Wavelets und Haar-Wavelets

Zuletzt wird in der Vorbereitung des Praktikums die Zerlegungen mittels Daubechies-Wavelets mit den Zerlegungen mittels Haar-Wavelets verglichen. Die Unterschiede sind folgende:

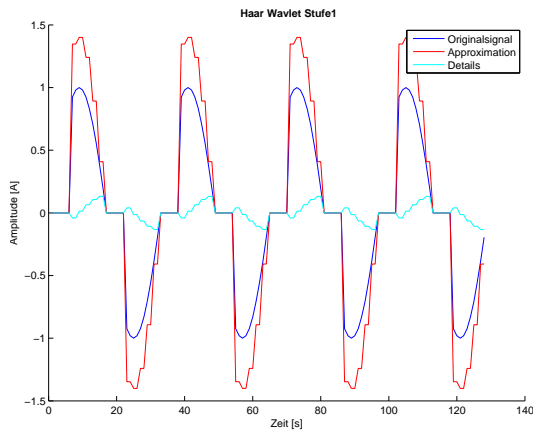


Abb. 19: Haar-Wavelet Zerlegung, Level 1

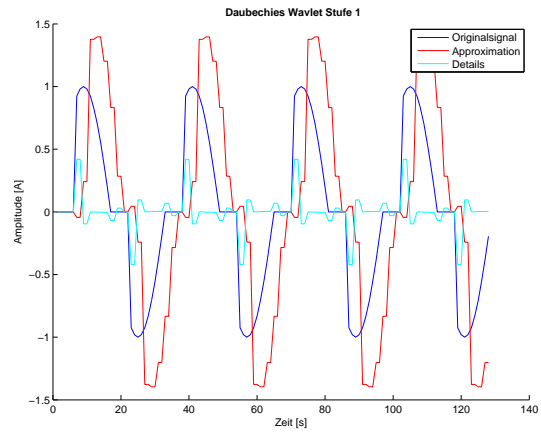


Abb. 20: Daubechies-Wavelet Zerlegung, Level 1

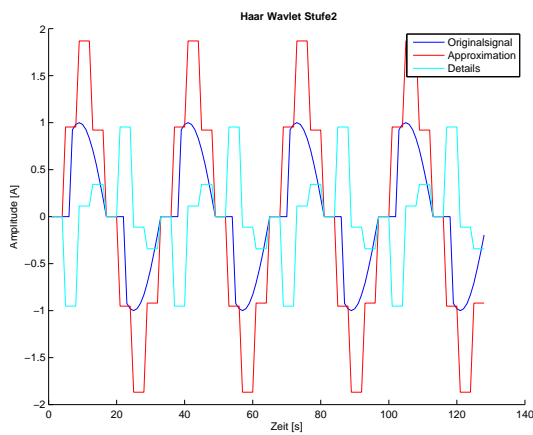


Abb. 21: Haar-Wavelet Zerlegung, Level 2

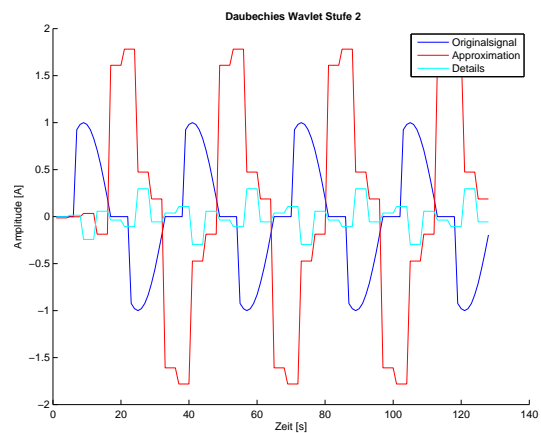


Abb. 22: Daubechies-Wavelet Zerlegung, Level 2

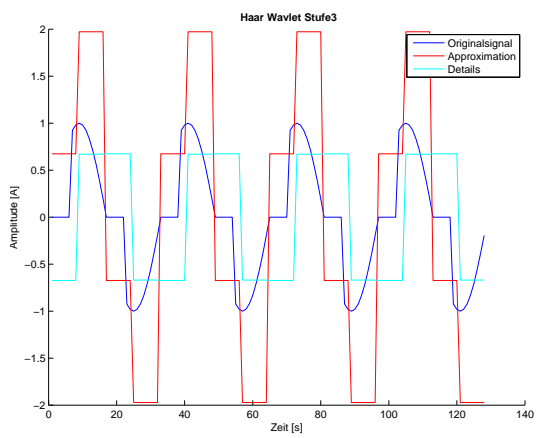


Abb. 23: Haar-Wavelet Zerlegung, Level 3

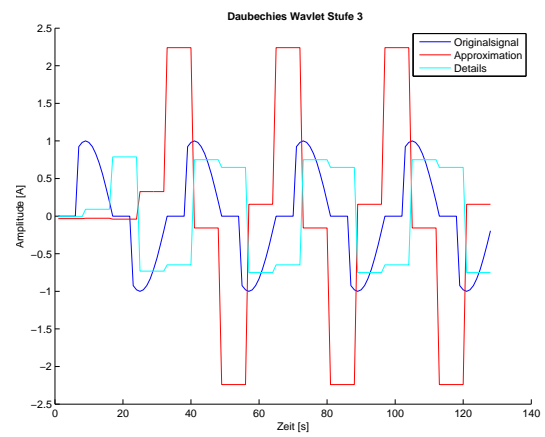


Abb. 24: Daubechies-Wavelet Zerlegung, Level 3

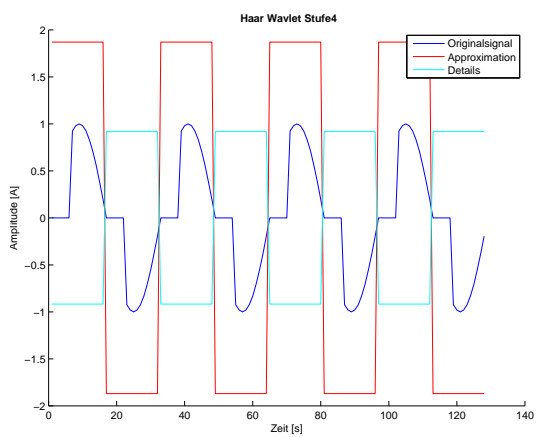


Abb. 25: Haar-Wavelet Zerlegung, Level 4

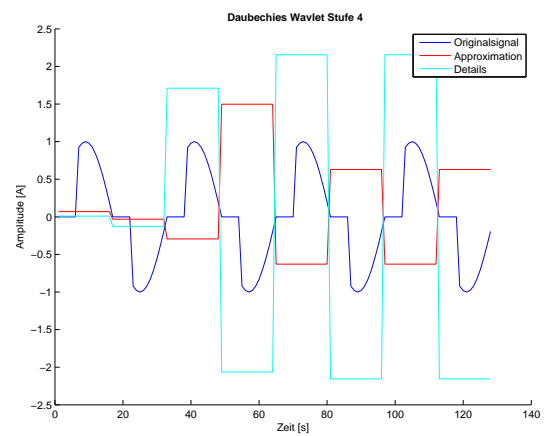


Abb. 26: Daubechies-Wavelet Zerlegung, Level 4

3 AUSWERTUNG

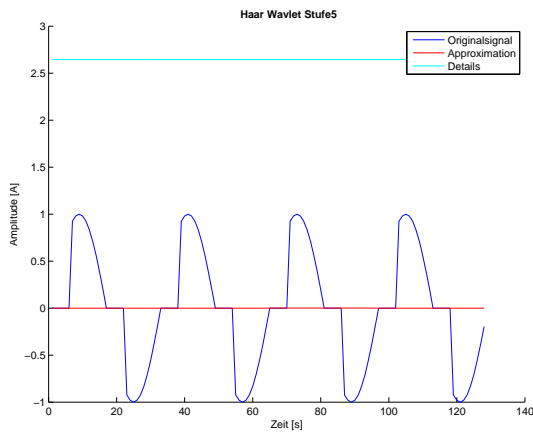


Abb. 27: Haar-Wavelet Zerlegung, Level 5

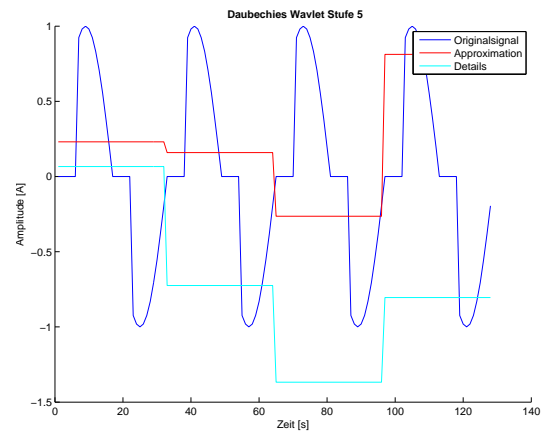


Abb. 28: Daubechies-Wavelet Zerlegung, Level 5

TODO:

Unterschiede untersuchen und einfügen

2 Durchführungen

2.1 Durchführung zu Termin 7

2.2 Durchführung zu Termin 8

3 Auswertung

3.1 Auswertung Termin 7

3.2 Auswertung Termin 8

4 Quellcodes

4.1 Codes aus Termin 7

4.1.1 Frequenzverlauf über der Zeit

Listing 1: frequenz imZeitbereich ausSignal

```

1 %Funktion zum Errechnen der Frequenz aus dem Zeitsignal
2
3 function frequenz_imZeitbereich_ausSignal (u, t)
4
5 p = length(t);
6 q = max(t)/p;
7
8 i = 0;
9 for k = 1:length(u)-1 %i = Anzahl der Nulldurchge
10     if (u(k) < 0 && u(k+1) >=0) || (u(k) > 0 && u(k+1) <=0)
11         i = i+1;
12     end
13 end
14
15 nulldurchgang = ones(1,i)*-9; %Vektor der Le i
16
17 j = 1;
18 for indx = 1:length(u)-1
19     if (u(indx) < 0 && u(indx+1) >=0) || (u(indx) > 0 && u(indx+1) <=0)
20         if abs(u(indx)) > abs(u(indx+1))
21             nulldurchgang(j) = indx+1;
22         else
23             nulldurchgang(j) = indx; %Index, welcher am nsten am Nulldurchgang ist, wird
24                                     bernommen
25         end
26         j = j+1;
27     end
28 end
29 %Vektor fr Frequenzeintr
30 v = length(nulldurchgang);
31 frequenzen = ones(1,v)*-9;
32
33 for n = 1:v-4 %4 Nulldurchge , also 2 Perioden werden betrachtet
34     diff = nulldurchgang(n+4)-nulldurchgang(n);
35     frequenzen(n) = 1/(diff*0.5*q);
36 end
37
38 figure(1);
39 [AX H1 H2] = plotyy(t,u,nulldurchgang*(max(t)/p),frequenzen,'plot','stem');
40 % AXIS([0 2 -1.1 1.1]);
41 xlabel('Zeitachse_[s]');
42 set(get(AX(1),'Ylabel'),'String','Amplitude_[V]');
43 set(get(AX(2),'Ylabel'),'String','Frequenz_[Hz]');
44 title('bf_u-Signal_und_Frequenzanstieg_ber_die_Zeit');
45 end

```

4.1.2 Frequenzverlauf aus dem Spektrogramm

Listing 2: frequenz durch Spektrogramm

```

1 % Funktion zur Errechnung der Frequenzen durch das Spektrogramm
2
3 function frequenz_durch_Spektrogramm(x_t,t)
4
5
6 N=length(t);
7 fs=N/max(t);
8
9 wsize=256;
10 wnooverlap= 250;
11 nr_abtastwerte_frequenz= 256;
12
13 [S,F,T]=spectrogram(x_t,wsize,wnooverlap,nr_abtastwerte_frequenz,fs);
14
15 %spectrogram(x_t,wsize,wnooverlap,nr_abtastwerte_frequenz,fs);
16
17 groesse = size(S);
18 maxfrequ = ones(1,groesse(1))*-9;
19 maxfrequ_umgerechnet = ones(1,groesse(1))*-9;
20 maxindx = ones(1,groesse(1))*-8;
21 maxindx_umgerechnet = ones(1,groesse(1))*-8;
22
23 for i=1:groesse(2)
24     [maxfrequ(i) maxindx(i)] = max(abs(S(:,i)));
25     maxfrequ_umgerechnet(i) = F(round(maxindx(i)+1));
26     maxindx_umgerechnet(i) = T(round(i));
27 end
28
29 maxindx_umgerechnet
30
31 figure(204);
32 [AX H1 H2] = plotyy(t, x_t, maxindx_umgerechnet,maxfrequ_umgerechnet,'plot','stem');
33 % AXIS([0 2 -1.1 1.1]);
34 xlabel('Zeitachse_[s]');
35 set(get(AX(1),'Ylabel'),'String','Amplitude_[V]');
36 set(get(AX(2),'Ylabel'),'String','Frequenz_[Hz]');
37 title('\bf{Chirp-Signal und Frequenzanstieg über die Zeit}');
38 end

```

4.1.3 Algorithmus zur Drehfrequenzberechnung

Listing 3: Algorithmus zur Drehfrequenzberechnung

```

1 %MDV Praktikum 7 Vorbereitungsaufgabe 4 – Testprogramm
2
3 clear all ; clc; close all;
4
5 %Messwerte laden
6 messung1 = load('MotorStrom_10V_100kS.mat');
7 messung2 = load('MotorStrom_20V_100kS.mat');
8 messung3 = load('MotorStrom_30V_100kS.mat');
9
10 % Strme und Tachos identifizieren
11 strom1 = messung1.strom;
12 tacho1 = messung1.tacho;
13 strom2 = messung2.strom;
14 tacho2 = messung2.tacho;

```



```
15 strom3 = messung3.strom;
16 tacho3 = messung3.tacho;
17
18 %Versorgungsspannungen
19 A1 = 10;
20 A2 = 20;
21 A3 = 30;
22
23 f.T = 100000;
24 T_ges = 1/f.T;
25
26 %plottet Spektren der strome
27 [y_DFT_abs_10V_strom f_DFT_10V_strom]= MotorStrom_Amplitudenspektrum(strom1,T_ges,f.T,10,'b'
28 ,1);
29 [y_DFT_abs_20V_strom f_DFT_20V_strom]= MotorStrom_Amplitudenspektrum(strom2,T_ges,f.T,10,'b'
30 ,2);
31 [y_DFT_abs_30V_strom f_DFT_30V_strom]= MotorStrom_Amplitudenspektrum(strom3,T_ges,f.T,10,'b'
32 ,3);
33
34 %findet Index vom hchsten Peak
35 [maxwert10_strom maxind10_strom] = max(y_DFT_abs_10V_strom);
36 [maxwert20_strom maxind20_strom] = max(y_DFT_abs_20V_strom);
37 [maxwert30_strom maxind30_strom] = max(y_DFT_abs_30V_strom);
38
39 %berechnet entsprechende Drehzahl
40 Drehzahl_Motor_10V_strom = abs(f_DFT_10V_strom(maxind10_strom))/18
41 Drehzahl_Motor_20V_strom = abs(f_DFT_20V_strom(maxind20_strom))/18
42 Drehzahl_Motor_30V_strom = abs(f_DFT_30V_strom(maxind30_strom))/18
43
44 %plottet Spektren der tachos
45 [y_DFT_abs_10V_tacho f_DFT_10V_tacho]= MotorStrom_Amplitudenspektrum(tacho1,T_ges,f.T,10,'b'
46 ,4);
47 [y_DFT_abs_20V_tacho f_DFT_20V_tacho]= MotorStrom_Amplitudenspektrum(tacho2,T_ges,f.T,20,'b'
48 ,5);
49 [y_DFT_abs_30V_tacho f_DFT_30V_tacho]= MotorStrom_Amplitudenspektrum(tacho3,T_ges,f.T,30,'b'
50 ,6);
51
52 %findet Index vom hchsten Peak
53 [maxwert10_tacho maxind10_tacho] = max(y_DFT_abs_10V_tacho);
54 [maxwert20_tacho maxind20_tacho] = max(y_DFT_abs_20V_tacho);
55 [maxwert30_tacho maxind30_tacho] = max(y_DFT_abs_30V_tacho);
56
57 %berechnet entsprechende Drehzahl
58 Drehzahl_Motor_10V_tacho = abs(f_DFT_10V_tacho(maxind10_tacho))/8
59 Drehzahl_Motor_20V_tacho = abs(f_DFT_20V_tacho(maxind20_tacho))/8
60 Drehzahl_Motor_30V_tacho = abs(f_DFT_30V_tacho(maxind30_tacho))/8
61
62 % Drehzahl_Motor_10V_tacho/Drehzahl_Motor_10V_strom
63 % Drehzahl_Motor_20V_tacho/Drehzahl_Motor_20V_strom
64 % Drehzahl_Motor_30V_tacho/Drehzahl_Motor_30V_strom
65
66 Drehzahl_Motor_10V_tacho/Drehzahl_Motor_10V_strom
67 Drehzahl_Motor_20V_tacho/Drehzahl_Motor_20V_strom
68 Drehzahl_Motor_30V_tacho/Drehzahl_Motor_30V_strom
```

4.2 Codes aus Termin 8

4.2.1 Funktion haardec.m

Listing 4: Funktion haardec.m

```

1 % Vorbereitungsaufgabe 1.1 Termin 8
2 function [u,v] = haardec_8_1_1(x)
3 % function [u,v] = haardec(x)
4 % -----
5 % filename :      haardec
6 % author:       g   Dogan, Timo Lausen, Boris Henckell
7 % organisation : TU Berlin
8 % p r o j e c t : MDV PR
9 % date :        04.07.2012
10 % -----
11 % description :   fhrt einen Zerlegungsschritt
12 %                der schnellen Haartransformation durch
13 % input :        x – zu zerlegendes Signal
14 % output :       u – Approximationen
15 %                v – Details
16 % -----
17
18 N = length(x);
19 u = ones(1,N/2)*-99;
20 v = ones(1,N/2)*-88;
21 j=1;
22 for i=1:N/2
23     u(i) = (x(j)+x(j+1))/sqrt(2);
24     v(i) = (x(j)-x(j+1))/sqrt(2);
25     j=j+2;
26 end

```

4.2.2 Funktion haardeclevel.m

Listing 5: Funktion haardeclevel.m

```

1 % Vorbereitungsaufgabe 1.2 Termin 8
2 function S = haardeclevel_8_1_2(x,lv)
3 % function [S] = haardeclevel(x, lv)
4 % -----
5 % filename :      haardeclevel
6 % author:       g   Dogan, Timo Lausen, Boris Henckell
7 % organisation : TU Berlin
8 % p r o j e c t : MDV PR
9 % date :        04.07.2012
10 % -----
11 % description :   fhrt die schnelle Haartransformation
12 %                bis zu einem vorgegebenen
13 %                Skalierungslevel durch
14 % input: x   ?    zu zerlegendes Signal
15 %         lv ?    Skalierungslevel
16 % output: S ?    Matrix mit Skalierungen und Details
17 %                Dimensionen: lv+1: Signalle
18 %                Jede Zeile enth die Approximationen
19 %                gefolgt von den Details eines Levels
20 % -----
21 N = length(x);

```

```
22 S = ones(lvl+1,N)*-77;
23
24 S(1,:) = x;
25 u = x;
26 for i=2:lvl+1
27     [u v] = haardec_8_1_1(u);
28     N2 = length(u);
29     S(i,:) = [u,v,S(i-1,2*N2+1:N)];
30 end
```

4.2.3 Funktion getAppDet.m

Listing 6: Funktion getAppDet.m

```
1 % Vorbereitungsaufgabe 1.3 Termin 8
2 function [u,v] = getAppDet_8_1_3(S, lvl )
3 % function [u,v] = getAppDet(S, lvl )
4 % -----
5 % filename :      getAppDet
6 % author:       g   Dogan, Timo Lausen, Boris Henckell
7 % organisation : TU Berlin
8 % project :     MDV PR
9 % date :        04.07.2012
10 % -----
11 % description :   extrahiert die Approximationen
12 %                und details eines Levels
13 % input :        S ? Matrix mit Signalzerlegung
14 %                lvl ? Skalierungslevel
15 % output :       u ? Approximationen
16 %                v ? Details
17 % -----
18 [M N] = size(S);
19 u = S(lvl+1,(1:N/(2^lvl)));
20 % v = S(lvl+1,(N/(2^lvl)+1:N));
21 v = S(lvl+1,(N/(2^lvl)+1:2*N/(2^lvl)));
```