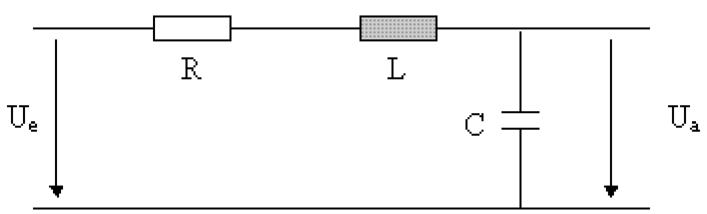
Laborprotokoll SSY
Lineare Verzerrungen

Daniel Schrenk, Andreas Unterweger

Einleitung

Ziel der Übung

In dieser Laborübung sollte der Einfluss von linearen Verzerrungen auf Signale mit Simulink in Matlab simuliert werden. Es wurden Amplituden- und Phasenverzerrungen aus den Simulationsdaten entnommen und diskutiert.
Es wurde von einem Leitungsmodell mit einem gewissen Widerstand, einer Induktivität und einer Kapazität ausgegangen, da Leitungen in der Praxis über größere Entfernungen einen gewissen Belag von diesen Größen aufweisen (vgl. ÜTVL). Dieses Leitungsmodell sieht wie folgt aus:

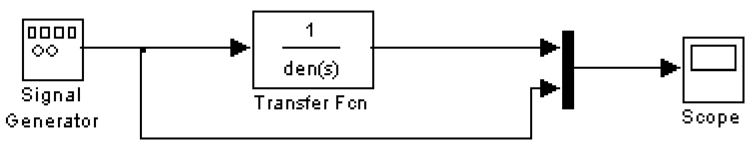


In der Simulation wurden die Werte wie folgt angenommen: R=6kOhm, L=1H, C=50µF.
Wichtige Anmerkung: die Schaltungsgrafiken wurden der Laboranweisung entnommen.

Aufgabenstellungen

2.1 Frequenzabhängigkeit

Es soll anhand einer gegebenen Übertragungsfunktion zu obigem Leitungsmodell eine Simulation mit Simulink erstellt werden und die Amplituden- und Phasenverzerrung in einem Diagramm für 10 Simulationspunkte aufgenommen werden.



Die Übertragungsfunktion G(s) bzw. G(jw) da s=jw ergibt sich für die Schaltung wie folgt (wobei I der Strom ist, der sich gleich im Anschluss wegkürzen wird):

$U_a = \frac{I}{jwC}$ bzw. $U_e = I(R + jwL + \frac{1}{jwC})$ nach den Formeln für die Impedanz der Bauteile

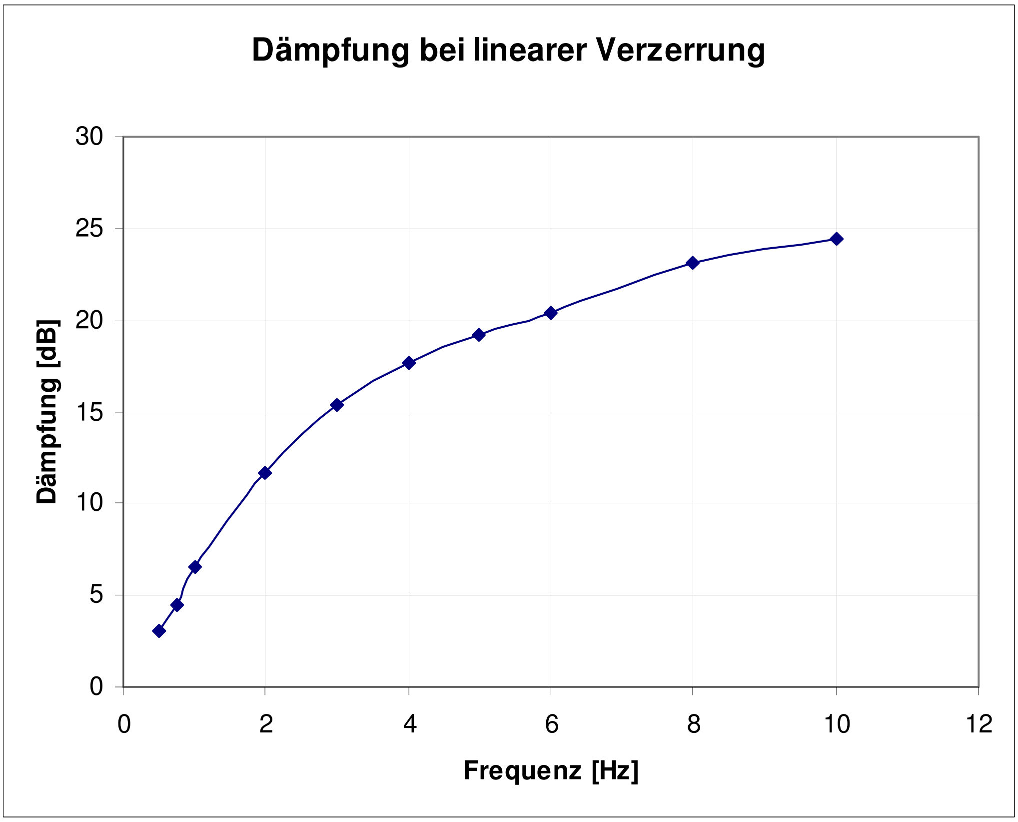
$G(jw) = \frac{U_a}{U_e} = \frac{\frac{1}{jwC}}{R + jwL + \frac{1}{jwC}}$ wobei s=jw, also: $G(s) = \frac{\frac{1}{sC}}{R + sL + \frac{1}{sC}}$

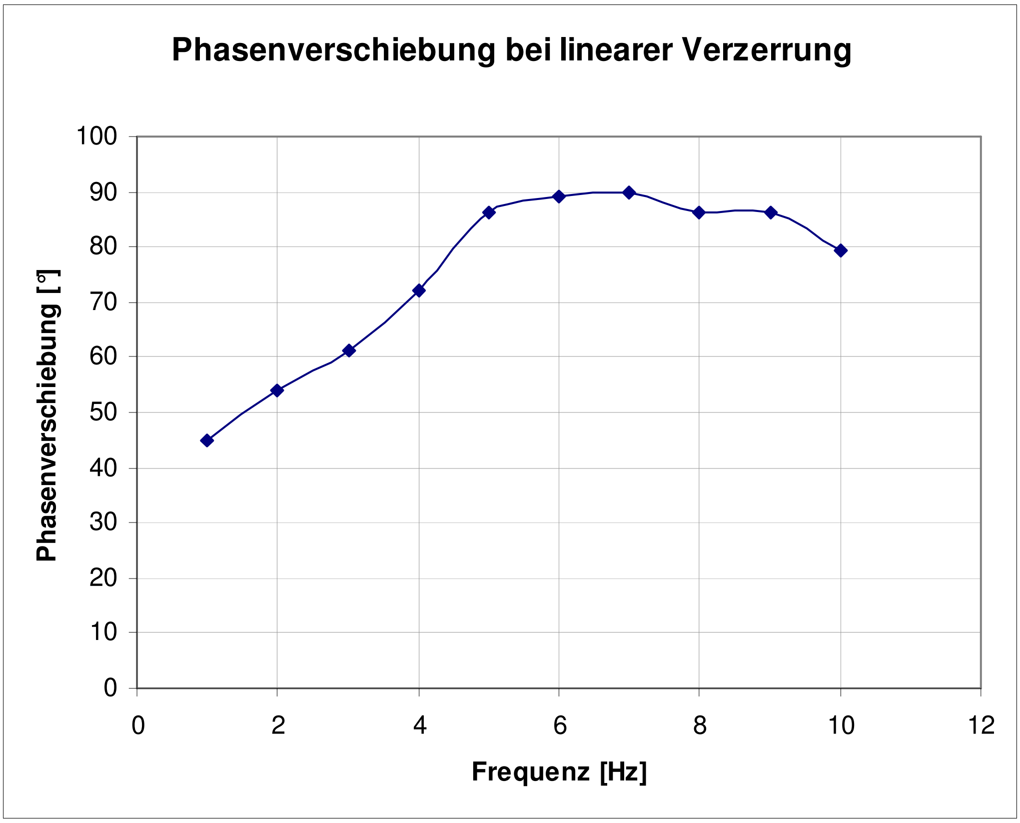
Nun wird oben und unten mit sC multipliziert und man erhält:

$G(s) = \dfrac{1}{RsC + s^2CL + 1}$ bzw. den Nenner noch nach Polynomgrad geordnet $G(s) = \dfrac{1}{CLs^2 + RCs + 1}$. In das „Transfer Function"-Bauteil eingegeben ist das [1] im Zähler bzw. [CL RC 1] im Nenner, wobei R, L und C am besten vorher in Matlab definiert werden.
Nachstehend die Messwerttabelle der Simulation mit den 10 verschiedenen im Signalgenerator eingestellten Frequenzen:

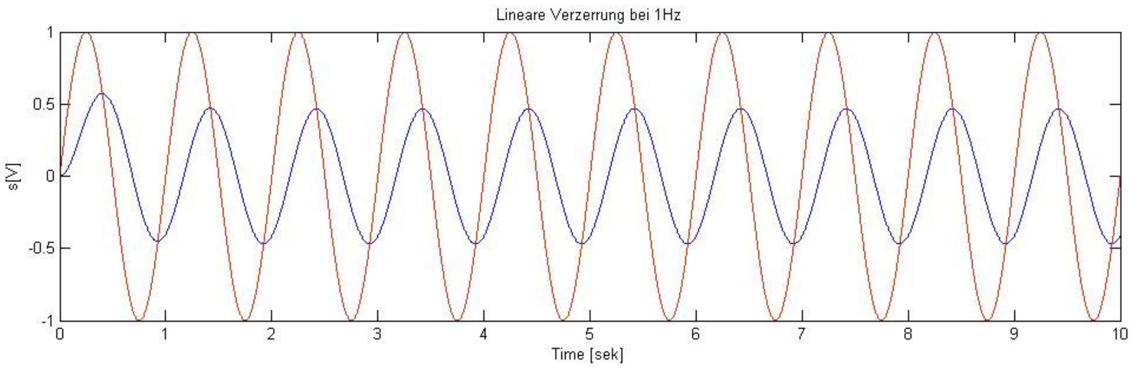
f *Hz*	**T** *s*	**û** *V*	**Dämpfung** *dB*	**t (Verzögerung)** *s*	**Phi** °
0,5	2	0,7	3,0980392	0,25	45
0,75	1,3333333	0,6	4,436975	0,2	54
1	1	0,47	6,5580428	0,17	61,2
2	0,5	0,26	11,700533	0,1	72
3	0,3333333	0,17	15,391022	0,08	86,4
4	0,25	0,13	17,721133	0,062	89,28
5	0,2	0,11	19,172146	0,05	90
6	0,1666667	0,095	20,445528	0,04	86,4
8	0,125	0,07	23,098039	0,03	86,4
10	0,1	0,06	24,436975	0,022	79,2

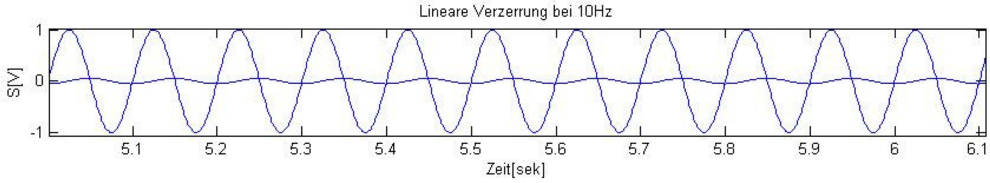
Formeln: $t = \dfrac{1}{f}$, $Dämpfung = 20\log(\hat{u})$, $Phi = 360ft$





Zum Herauslesen der Amplitude des verzerrten Signals (û) wird der y-Wert der zweiten Schwingung (vgl. Bild unten) einfach abgelesen; zur Bestimmung von t wird relativ weit in die Grafik gezoomt und der Abstand zwischen den Nulldurchgängen der beiden Schwingungen „gemessen".

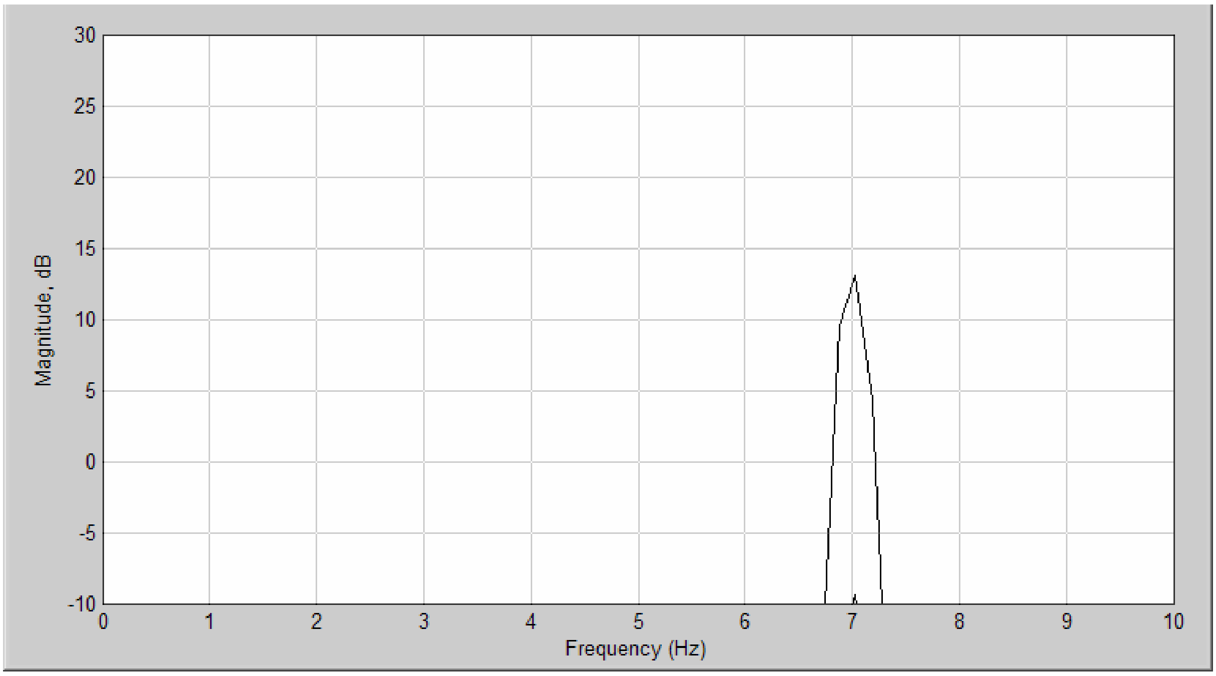




Die untere Grafik zeigt das Original- und das verzerrte Signal bei 10Hz, um die bei dieser Frequenz bereits sehr deutlich sichtbaren Dämpfungs- und Phasenverschiebungserscheinungen deutlich zu machen.

2.2 Spektrale Darstellung

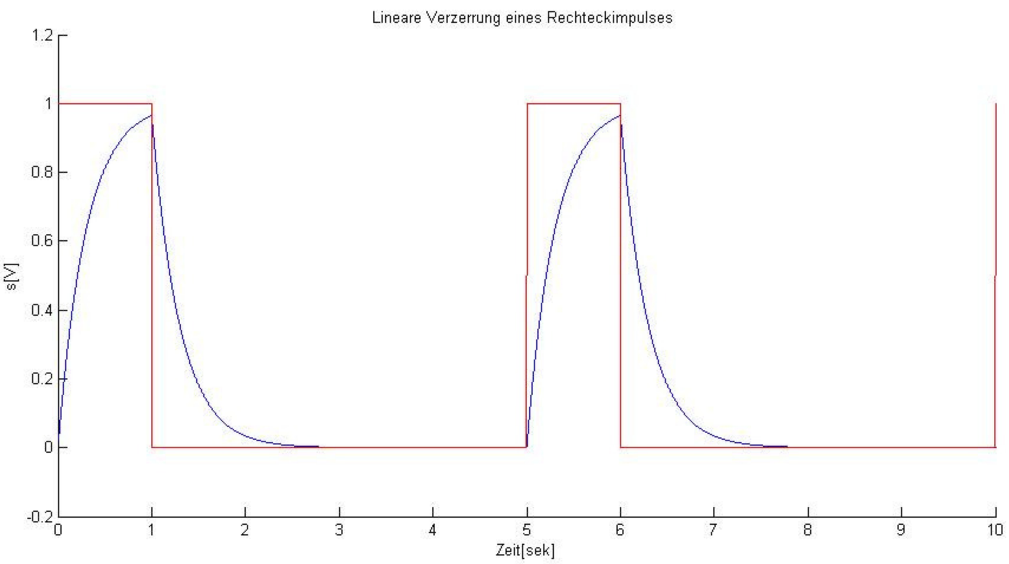
Der Vergleich der Spektren von Eingangs- und Ausgangssignal weist keine gravierenden Unterschiede auf; es treten keine Oberwellen auf, da die Verzerrung linear ist – das heißt, es kommen keinerlei neue Frequenzen hinzu.



Die kleine, kaum sichtbare Spitze bei 7 Hz ist vom verzerrten, die größere vom Eingangssignal.

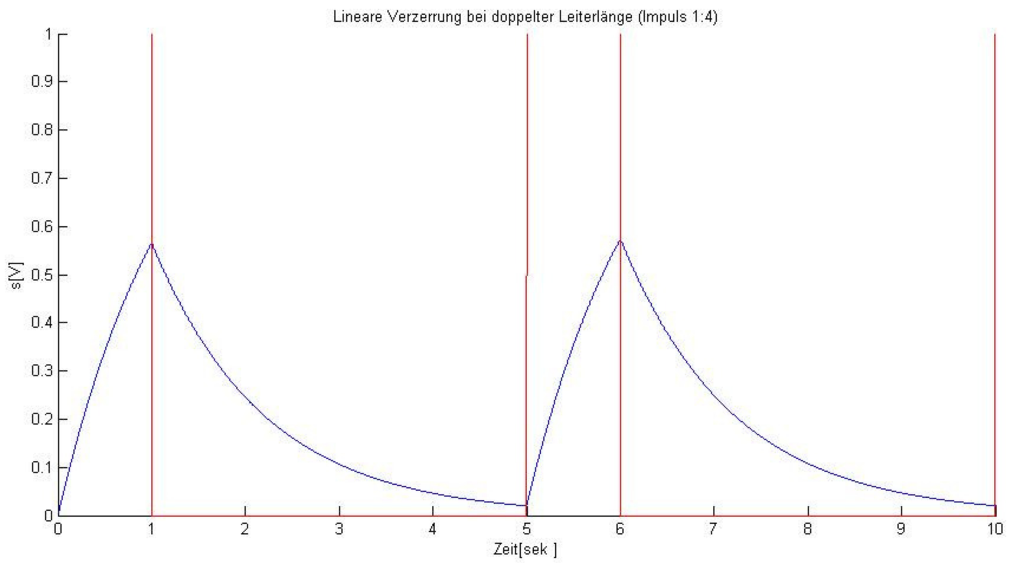
2.3 Impulsverzerrung bei einer Leitung

Der Sinusgenerator wird nun durch einen Pulsgenerator getauscht und Pulse mit einer Dauer von einer Sekunde und einem Abstand von jeweils 4 Sekunden durch die selbe Schaltung wie in 2.1 geschickt. Bei gleichen Parametern wie in 2.1 ergibt sich hierbei folgender zeitlicher Verlauf:

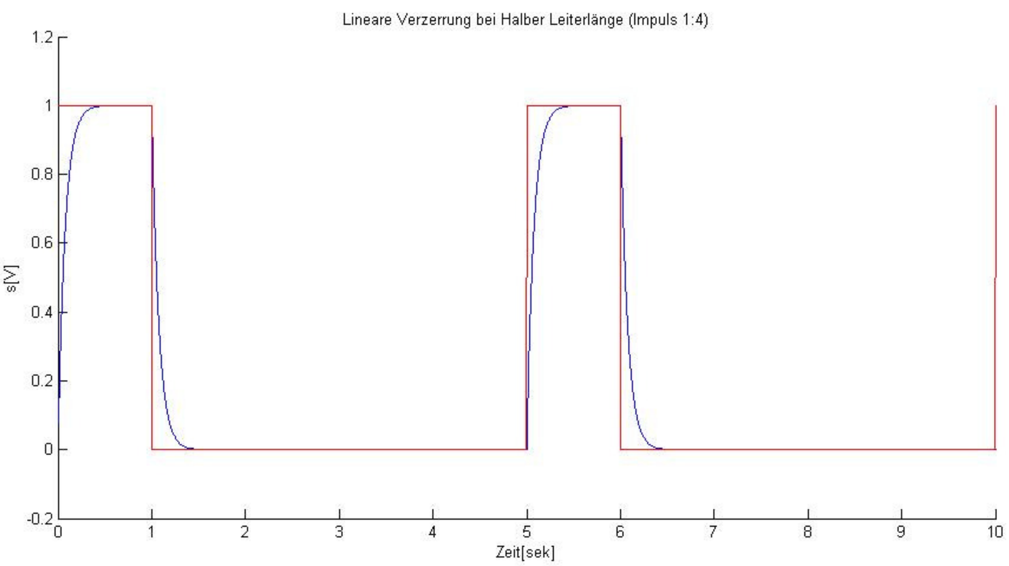


Zur Erzeung der Pulsfolge wird die Periodendauer des Pulsgenerators auf 5 (Sekunden) gesetzt und die Impulsdauer auf 20%, was exakt einer Sekunde entspricht. Die restlichen 4 Sekunden ist die Spannung dann 0 (also Impulspause).

Wird nun die Übertragung über die doppelte Leitungslänge simuliert (sprich R, L und C jeweils verdoppelt) ergibt sich – wie im folgenden Bild sichtbar – eine noch stärkere Verezerrung des Signals – es ist kaum mehr als solches zu erkennen.



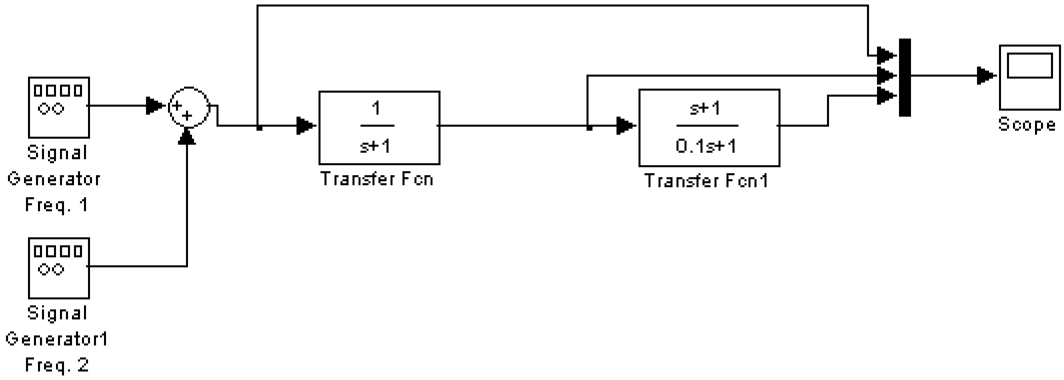
Wird die Leitungslänge halbiert (respektive R, L und C halbiert) ergibt sich eine weit weniger starke Verzerrung des Signals:



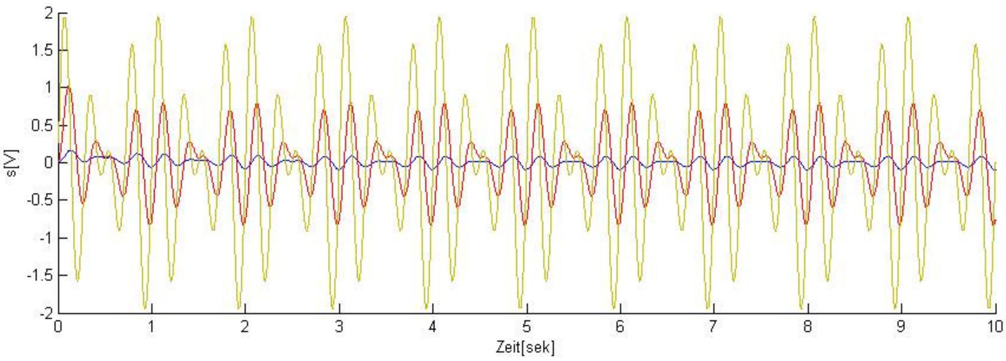
Aus diesen Simulationen kann man schließen, dass die Verringerung der R-, L- und C-Werte eine deutlich schwächere Verzerrung hervorruft und das Signal relativ original erhalten bleibt.

2.4 Entzerren eines RC-Gliedes

Zum Abschluss soll ein durch ein RC-Glied linear verzerrtes Signal wieder entzerrt werden.



Zu diesem Zweck werden zwei relativ gleichfrequente (3 und 4Hz) Signale zu einer Schwebung überlagert (Signalgeneratoren 1 und 2 im Bild). Dieses Signal ist im Zeitverlauf unten rot dargestellt; es wird durch einen Tiefpass geschickt (Übertragungsfunktion $\frac{1}{s+1}$) → blaues Signal. Dieses Signal hat mit dem ursprünglichen nicht mehr viel gemein. Trotzdem kann durch eine geeignete Entzerrschaltung (Übertragungsfunktion $\frac{s+1}{0{,}1s+1}$ gewählt) wieder relativ gut wiederhergestellt werden (gelbes Signal) – auch wenn es etwas phasenverschoben und mit doppelter Amplitude im Vergleich zum ursprünglichen Signal ist.



Bemerkungen

Die meisten Bemerkungen zu den Messungen selbst finden sich in den jeweiligen Abschnitten zu den Simulationen.
Generell sei zu bemerken, dass das Ausmessen von t in 2.1 sehr umständlich ist, da Matlab die aktuellen Werte unter dem Cursor nicht anzeigt und man diese abschätzen muss. Auch die Grafikeinstellungen bei den Plots erforden einiges an Experimenten, um ans Ziel zu kommen, aber im Großen und Ganzen sind die Aufgaben mit etwas Probieren hie und da relativ schnell gelöst.