

Anfängerpraktikum V303

Lock-In-Verstärker

Helena Nawrath
helena.nawrath@tu-dortmund.de

Carl Arne Thomann
arnethomann@me.com

Durchführung: 2. Dezember 2014 Abgabe: 9. Dezember 2014

TU Dortmund – Fakultät Physik

1 Zielsetzung

Versuchsziel ist es, sich mit der Funktionsweise des Lock-In-Verstärkers vertraut zu machen.

2 Theorie

Lock-In-Verstärker werden eingesetzt, um Signale mit hohem Rauschen zu messen. Dafür wird das Messsignal mit einer Referenzfrequenz ω_0 moduliert.

Das zu messende Eingangssignal U_{sig} durchläuft im Gerät verschiedene Bauelemente.

Nach Eingang des Signals durchläuft dieses zunächst einen Bandpassfilter, der das Rauschen minimiert. Alle Frequenzen ω , die nicht der Referenzfrequenz ω_0 entsprechen werden herausgefiltert. Ein Detektor erzeugt die Referenzspannung U_{ref} der Frequenz ω_0 , welche über den Phasenschieber an die Phase des Eingangssignals angepasst wird. Dieser Vorgang nennt sich Synchronisation. Im Mischer treffen beide Signale aufeinander und werden multipliziert und anschließend an den Tiefpass weitergeleitet. Der Tiefpass funktioniert als Integrierer im Gegensatz zum Hochpass, einem Differenzierer. Die Modulationsfrequenz ω_0 wird über mehrere Perioden integriert um zurückgebliebene Rauschanteile auszuschließen. Zurück bleiben nur die Anteile der Signalsspannung U_{sig} , die mit der Referenzspannung synchronisiert werden konnten.

Um eine möglichst geringe Bandbreite $\Delta\nu = \frac{1}{\pi RC}$ zu erhalten, sollte die Zeitkonstante $\tau = RC$ ausreichend groß gewählt werden. Damit wird eine hohe Gütezahl erzielt.

Die Ausgangsspannung U_{out} ist proportional zur Eingangsspannung. Je größer die Phasendifferenz zwischen Signal- und Referenzspannung ist, desto geringer ist die Ausgangsspannung. U_{out} wird also maximal, wenn die Phasendifferenz $\Delta\Phi = 0$ beträgt.
<http://www.physik.uni-regensburg.de/studium/praktika/a2/download/versuch5a.pdf>

3 Durchführung

4 Auswertung

Phase	Ausgangsspannung in V	
	ohne Störung	mit Störung
0°	−6,00	6,00
45°	−4,00	4,00
90°	0,20	−0,50
120°	2,62	−3,00
135°	4,25	−4,50
180°	5,81	−6,00
225°	3,95	−3,50
270°	0,20	0,50
315°	−4,17	4,50
360°	−5,83	5,50

Tabelle 1: Ausgangsspannung des gegebenen Signals.

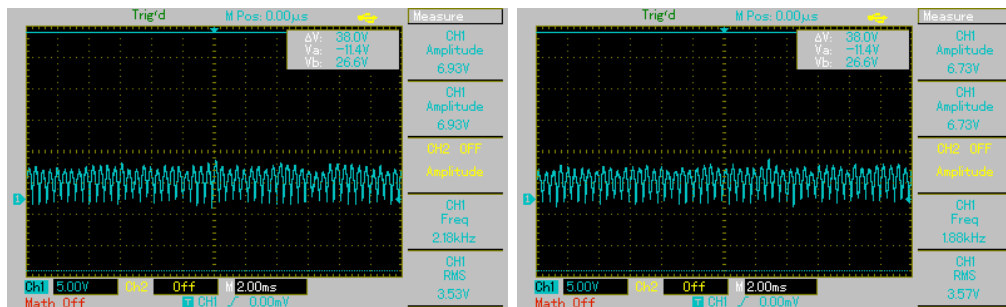


Abbildung 1: Das Signal mit Störungen zu zwei verschiedenen Zeiten.

Bei einem messbaren Signal geht die Ausgangsspannung auf Null zurück, wenn die LED abgedeckt wird. Bei einem Abstand von 1,20 m ist keine messbare Ausgangsspannung messbar, die angegebene Ausgangsspannung zeigt beim Abdecken der LED keine wesentliche Änderung.

Abstand a /m	Ausgangsspannung V	Gesamt-Verstärkung	
		absolut	relativ
0.02	−5	400 · 5	1
0.05	−1	400 · 5	1
0.08	−0,5	400 · 5	1
0.11	−2	400 · 50	10
0.14	−1	400 · 50	10
0.17	−0,9	400 · 50	10
0.20	−6,0	400 · 500	100
0.23	−4,5	400 · 500	100
0.26	−3,5	400 · 500	100
0.29	−2,5	400 · 500	100
0.39	−1,0	400 · 500	100
0.49	−0,7	400 · 500	100
0.59	−0,5	400 · 500	100
0.69	−0,3	400 · 500	100
0.79	−0,25	400 · 500	100
0.99	−0,12	400 · 500	100
1.19	−0,1	400 · 500	100

Tabelle 2: Ausgangsspannung bei der Messung des LED-Lichtes.

5 Diskussion

Literatur

- [1] John D. Hunter. „Matplotlib: A 2D Graphics Environment“. In: *Computing in Science and Engineering* 9.3 (2007), S. 90–95. URL: <http://link.aip.org/link/?CSX/9/90/1>. Version 1.3.1.
- [2] Eric Jones, Travis Oliphant, Pearu Peterson u. a. *SciPy: Open source scientific tools for Python*. 2001. URL: <http://www.scipy.org/>. Version 0.14.0.
- [3] Eric O. Lebigot. *Uncertainties: a Python package for calculations with uncertainties*. URL: <http://pythonhosted.org/uncertainties/>. Version 2.4.5.
- [4] Travis E. Oliphant. „Python for Scientific Computing“. In: *Computing in Science and Engineering* 9.3 (2007), S. 10–20. URL: <http://link.aip.org/link/?CSX/9/10/1>. Version 1.8.1.
- [5] The GIMP Team. *GIMP: GNU Image Manipulation Program*. URL: <http://www.gimp.org/>. Version 2.8.10.

Die verwendeten Plots wurden mit *matplotlib*[1] und die Grafiken mit *GIMP*[5] erstellt

sowie die Berechnungen mit Python-*Python-Numpy*, [4], *Python-Scipy*[2] und *Python-uncertainties*[3] durchgeführt.