

Versuch 303

## **Der Lock-In Verstärker**

Lukas Nickel

lukas.nickel@tu-dortmund.de

Rohat Kavili

rohat.kavili@tu-dortmund.de

Durchführung: 03.11.2015

Abgabe: 10.11.2015

TU Dortmund – Fakultät Physik

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Theorie</b>	<b>3</b>
1.1	Zielsetzung . . . . .	3
1.2	Theoretische Grundlagen . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Durchführung</b>	<b>3</b>
2.1	Funktionsweise . . . . .	3
2.2	Mischen der Signale . . . . .	4
2.3	Rauschgenerator . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Auswertung</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>4</b>

# 1 Theorie

## 1.1 Zielsetzung

Ziel des durchgeführten Versuches ist es die Funktionsweise und technischen Hintergründe des Lock-In-Verstärkers kennenzulernen. Dazu werden einige Messungen mit verschiedenen Signalen vorgenommen.

## 1.2 Theoretische Grundlagen

Der Lock in Verstärker wird hauptsächlich dafür eingesetzt verrauschte Signale zu messen. Gegenüber einem gewöhnlichen Bandpass bietet ein Lock-In-Verstärker den Vorteil um einige Größenordnungen höhere Güten zu erzielen. Der Aufbau eines Lock-In-Verstärkers gestaltet sich wie folgt: Zunächst wird das Signal auf die Referenzfrequenz  $\omega_0$  moduliert. Danach wird die Signalspannung durch einen Bandpaß geschickt. Dadurch können bereits Rauschanteile mit einer von der Signalspannung verschiedenen Frequenz herausgefiltert werden. Daraufhin wird das Signal mit einer Referenzspannung gemischt. Mit dem Phasenverschieber lässt sich die Phase zwischen Signal- und Referenzspannung anpassen. In nachfolgendem Tiefpass wird die gemischte Spannung integriert und auf diese Weise von noch vorhandenem Rauschen befreit. Dabei ist zu beachten, dass der Tiefpass nur für gleiche Frequenzen einen Wert ungleich null liefert. Dies liegt darin begründet, dass der Tiefpass - so wie er in einem Lock-in-Verstärker genutzt wird - die Kreuzkorrelation zwischen Referenz- und Signalspannung berechnet, der Tiefpaß integriert also  $U_{sig} \cdot U_{ref}$ .

Betrachten wir das Beispiel eine sinusförmige Signalspannung  $U_s = U_0 \sin(\omega t)$ , die moduliert wird durch eine Rechteckspannung  $U_{ref}$ . Die Frequenzen beider Spannungen sind identisch, bezeichnet mit  $\omega$ , die Phasenverschiebung ist gegeben durch  $\phi$ . Der Tiefpaß integriert  $U_{sig} \cdot U_{ref}$  über einige Perioden und unterdrückt dabei die Oberwellen, sodass man eine Gleichspannung erhält, die proportional zu der Signalspannung ist:  $U_{out} = 2/\pi U_0 \cos(\phi)$ .

Die Ausgangsspannung hängt also von der Phasenverschiebung ab und ist maximal für  $\phi = 0$ .

[sample]

## 2 Durchführung

Bei dem Versuch kommen ein Lock-In-verstärker, ein Oszilloskop, eine LED und eine Photodiode zum Einsatz. Der Lock-In-Verstärker beinhaltet einen Funktionsgenerator mit 2 Ausgängen, einen Phasenschieber und einen rauschgenerator.

### 2.1 Funktionsweise

Der erste Teil des Versuches befasst sich mit der Funktionsweise des Geräts. Dafür werden die Spannungen an beiden Ausgänge des Funktionsgenerators einzeln vermessen. Dabei wird festgestellt, dass der linke Ausgang eine regelbare Spannung generiert, während die Amplitude der Spannung an dem rechten Ausgang konstant bei 4,48 V liegt.

## 2.2 Mischen der Signale

In dem zweiten Versuchsabschnitt werden die beiden generierten Signale gemischt und integriert. Dafür wird folgende Schaltung aufgebaut: Abbildung aus Protokoll Der Rauschgenerator (Noise Gen. auf Abbildung) wird zunächst nicht verwendet. Die Signalspannung mit einer Frequenz von 1Khz und einer Amplitude von 1V wird verstärkt und mit der Referenzspannung gemischt. Gemessen werden die Ausgangsspannung sowie die integrierte Ausgangsspannung für verschiedene Phasenverschiebungen  $\phi$ . Auf Weise wird die Phasenabhängigkeit der integrierten Spannung nachgewiesen.

## 2.3 Rauschgenerator

Für diesen Versuchsteil wird der Signalspannung ein Rauschen beigefügt. Dazu wird der Rauschgenerator eingestellt und ein Rauschen erzeugt, dessen Größenordnung um eine unter der des Signals liegt. Daraufhin werden alle Messungen aus dem zweiten Versuchsteil wiederholt um die Werte mit den unverrauschten Werten zu vergleichen. Die Messungen ergeben, dass das Integral der gemischten Spannung identisch ist - unabhängig von dem Rauschen.

## 2.4 LED und Photodiode

Im letzten Abschnitt wird die aus den anderen Versuchsteilen bekannte Schaltung leicht abgewandelt. Anstatt die Signalspannung direkt zu vermessen wird mit ihr eine LED betrieben. Die Frequenz beträgt dabei 250 Hz, die Amplitude ist maximal mit 4,48V. Das von der LED ausgestrahlte Licht wird von einer Photodiode im Abstand  $r$  vermessen. Die Photodiode ist an den Eingang des Verstärkers angeschlossen und wird - nachdem es den Bandpass passiert hat - mit der Referenzspannung gemischt und an die resultierende Spannung an Oszilloskop und Tiefpaß bestimmt. Da die Signalfrequenz von der Netzfrequenz abweicht, wird das durch die Raumbelichtung hervorgerufene Signal am Bandpaß zum großen Teil ausgefiltert. Dadurch lässt sich die Lichtintensität in Abhängigkeit von  $r$  messen und ein maximaler Abstand für die Detektierung bestimmen. In diesem Versuch lässt sich allerdings nur nachweisen, dass dieses  $r_{max}$  größer als der maximale Abstand der Apparatur ist.

## 3 Auswertung

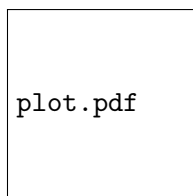


Abbildung 1: Plot.

## 4 Diskussion