



MESSTECHNIK LABORÜBUNG 6

SENSOREN UND FREQUENZSELEKTIVE MESSVERFAHREN

GRUPPE: 2

DATUM: 21.10.2019

ORT: CA0410

MESSPLATZ: 1

TEILNEHMER: KONSTANTIN KOBEL 01525841

MARCUS SCHISCHLIK 01609390

Rechtliches

Ich bestätige hiermit, dass alle hier verwendeten Messergebnisse und Interpretationen von uns selbst erstellt wurden. Es wurden keine anderen Quellen als die hier schriftlich angegeben verwendet.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|----------------------------------------------------|-----------|
| 1 | Einleitung | 4 |
| 2 | Übungsdurchführung | 5 |
| 2.1 | Charakterisierung des Näherungssensors | 5 |
| 2.2 | Phasenselektiver Synchrongleichrichter | 17 |
| 2.3 | Phasenunabhängiger Synchrongleichrichter | 25 |
| 3 | Verwendete Geräte | 29 |

1 Einleitung

Die sechste Laborübung ist in zwei Teile gegliedert.

Der erste Teil beschäftigt sich mit der Positionsmessung durch einen optischen Näherungssensor. Hier werden die Grundlagen der optischen Abstandsmessung erforscht, wie zum Beispiel das Ermitteln der Kennlinie, die Charakterisierung in Bezug auf Rauschen, Sensitivität, Auflösung und Bandbreite eines optischen Näherungssensors.

Der zweite Teil geht näher auf die Eigenschaften eines phasenselektiven Synchrongleichrichters und eines phasenunabhängigen Synchrondemodulators ein. Anhand der Erkenntnisse aus dem ersten Teil werden die Vor- und Nachteile der jeweiligen frequenz-selektiven Messverfahren erarbeitet.

2 Übungsdurchführung

2.1 Charakterisierung des Näherungssensors

Aufgabenstellung

Ziel unserer ersten Aufgabe ist es die Kennlinie unseres optischen Näherungssensors, ein Honeywell HOA1404-002, zu ermitteln.

Der optische Näherungssensor besteht aus einer Leuchtdiode und einem Phototransistor, die gleich ausgerichtet sind. Die Leuchtdiode sendet Licht im Infrarot-Bereich aus, was an Objekten, die sich vor dem Näherungssensor befinden, reflektiert wird. Der Phototransistor misst dann die Intensität des reflektierten Lichtes.

Da die Intensität des reflektierten Lichtes abhängig von der Distanz des Reflektors zum Sensor ist, kann daraus der Abstand ermittelt werden.

Die Ermittlung der Kennlinie, des optischen Näherungssensors, erfolgt mithilfe einer bereits vorbereiteten Schaltung.

Gegenüber vom Näherungssensor ist eine Mikrometerschraube platziert, an deren Ende zwei unterschiedlich stark reflektierende Materialien angebracht werden können.

Um den Sensor zusätzlich zur Kennlinie genauer zu charakterisieren, werden auch die Rauscheigenschaften und die Auflösung untersucht.

Messaufbau

Um die Verstärkerschaltung des Sensors zu versorgen wird eine $\pm 12V$ Versorgungsspannung angelegt. Der Eingang des Sensors wird mit einer $1.5V$ Gleichspannung versorgt. Um den Sensor auszulesen wird der Ausgang mit dem Oszilloskop und dem Eingang AI101 auf unserer DAQ-Karte verbunden.

Das Oszilloskop ist hierbei für die Überwachung der Ausgangsspannung zuständig, da die analogen Eingänge der DAQ-Karte nur eine maximale Spannung von $10V$ aushalten. Diese Grenze wurde bei unseren Messungen jedoch nie erreicht.

Aufnahme der Kennlinie

Zur Aufnahme der Kennlinie musste die Ausgangsspannung in Abhängigkeit der Distanz zwischen dem optischen Näherungssensor und dem Reflektor bestimmt werden.

Die Mikrometer-Schraube ermöglicht es den Reflektor mit einer Genauigkeit von $0.1mm$ zu platzieren. Um eine hohe Auflösung der Kennlinie zu erhalten empfiehlt es sich den Reflektor in Schritten von $0.25mm$ zu bewegen.

Die Messung der Ausgangsspannung erfolgt mit der DAQ-Karte. Die diese immer 4096 Messwerte liefert, müssen zuerst der Mittelwert gebildet werden. Dieser wurde dann als Messergebnis aufgezeichnet.

Zur Messdurchführung muss zuerst das Skript startup.m ausgeführt werden. Danach kann Simulink gestartet werden.

Das Simulink Modell, zur Ermittlung des Mittelwertes, ist in Abbildung 1 dargestellt.

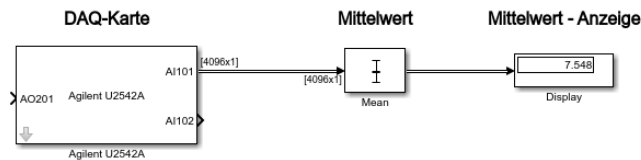


Abbildung 1: Simulink Modell zur Bestimmung des Mittelwerts

Die Ermittlung der Kennlinie wird einmal für den ersten Reflektor und einmal für den zweiten Reflektor durchgeführt.

| <i>Abstand [mm]</i> | <i>U[V] - Reflektor 1</i> | <i>U[V] - Reflektor 2</i> |
|---------------------|---------------------------|---------------------------|
| 0 | 0.133 | 2.09 |
| 0.25 | 0.138 | 2.385 |
| 0.5 | 0.17 | 3.576 |
| 0.75 | 0.201 | 4.455 |
| 1 | 0.2085 | 4.592 |
| 1.25 | 0.2 | 4.258 |
| 1.5 | 0.1872 | 3.821 |
| 1.75 | 0.1825 | 3.503 |
| 2 | 0.1903 | 3.395 |
| 2.25 | 0.2104 | 3.512 |
| 2.5 | 0.2406 | 3.835 |
| 2.75 | 0.2789 | 4.306 |
| 3 | 0.3203 | 4.899 |
| 3.25 | 0.3626 | 5.535 |
| 3.5 | 0.402 | 6.15 |
| 3.75 | 0.4357 | 6.68 |
| 4 | 0.4626 | 7.091 |
| 4.25 | 0.4816 | 7.37 |
| 4.5 | 0.4933 | 7.523 |
| 4.75 | 0.4981 | 7.56 |
| 5 | 0.4977 | 7.49 |

| | | |
|-------|--------|-------|
| 5.25 | 0.4909 | 7.344 |
| 5.5 | 0.4796 | 7.136 |
| 5.75 | 0.4652 | 6.883 |
| 6 | 0.449 | 6.595 |
| 6.25 | 0.4308 | 6.288 |
| 6.5 | 0.411 | 5.971 |
| 6.75 | 0.3908 | 5.65 |
| 7 | 0.371 | 5.331 |
| 7.25 | 0.35 | 5.022 |
| 7.5 | 0.3302 | 4.716 |
| 7.75 | 0.311 | 4.424 |
| 8 | 0.2929 | 4.146 |
| 8.25 | 0.2757 | 3.888 |
| 8.5 | 0.2587 | 3.644 |
| 8.75 | 0.2435 | 3.415 |
| 9 | 0.229 | 3.198 |
| 9.25 | 0.215 | 2.999 |
| 9.5 | 0.2028 | 2.811 |
| 9.75 | 0.1909 | 2.64 |
| 10 | 0.1797 | 2.477 |
| 10.25 | 0.1695 | 2.328 |
| 10.5 | 0.16 | 2.187 |
| 10.75 | 0.1511 | 2.057 |
| 11 | 0.1429 | 1.936 |
| 11.25 | 0.135 | 1.825 |
| 11.5 | 0.128 | 1.72 |

Tabelle 1: Auswertung der Ausgangsspannung in Abhängigkeit des Abstands für beide Reflektoren

Die jeweiligen Maxima der Messungen sind hervorgehoben. Es zeigt sich, dass die Maxima, für beide Reflektoren, bei dem selben Abstand auftreten. Jedoch ist die Spannung bei dem zweiten Reflektor um ein vielfaches höher, was an der höheren Reflektivität und damit der höheren Intensität, des reflektierten Lichtes, liegt.

Die grafische Darstellung der Kennlinie ergibt eine Parabel. Die Kennlinie hat einen ersten "Gupf" zwischen 0mm und 2mm . Dieser Gupf kommt dadurch zustande, dass reflektiertes Licht am Näherungssensor wieder reflektiert wird und somit die Intensität erhöht.

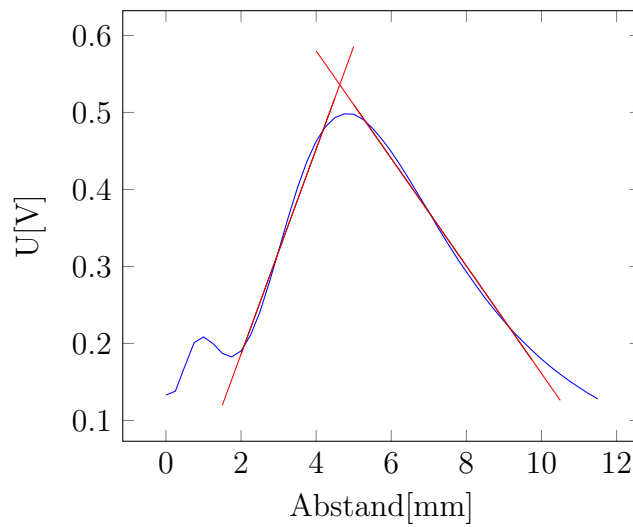


Abbildung 2: Kennlinie - Reflektor 1

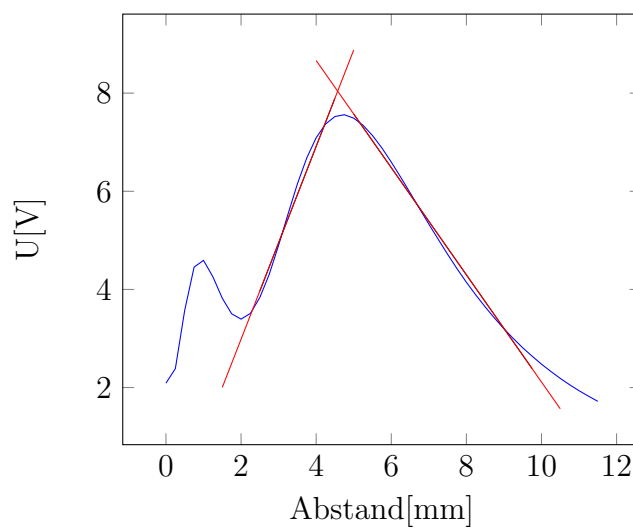


Abbildung 3: Kennlinie - Reflektor 2

Analyse der linearen Approximationen

Pro Reflektor wurden zwei Messbereiche definiert, welche annähernd linear verlaufen. Für diese Bereiche wurde die lineare Approximation durchgeführt und die Gerade in der Kennlinie eingezeichnet.

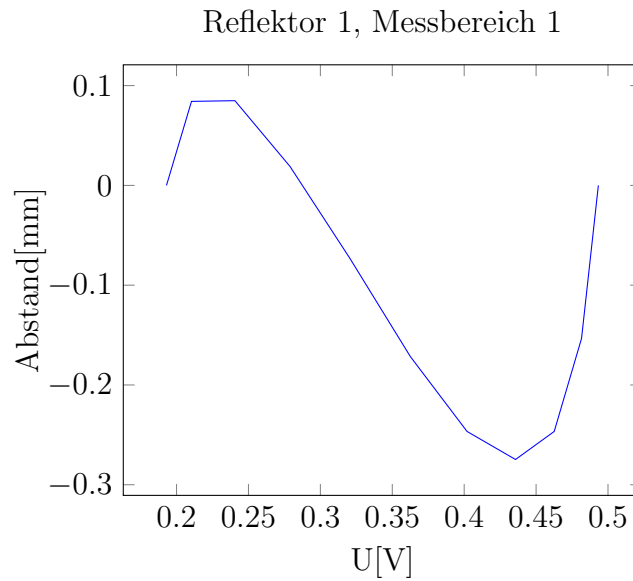


Abbildung 4: Positionsabweichung der Kennlinie von der linearen Approximation - Reflektor 1, Messbereich 1. Maximale Abweichung: 0.2748mm

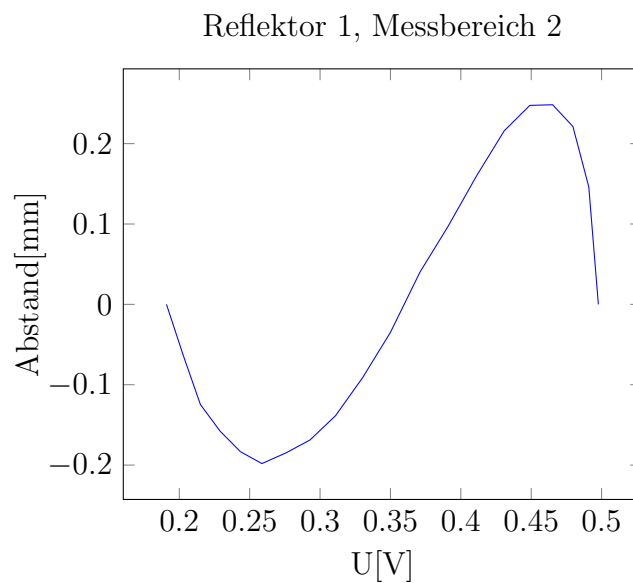


Abbildung 5: Positionsabweichung der Kennlinie von der linearen Approximation - Reflektor 1, Messbereich 2. Maximale Abweichung: 0.2484mm

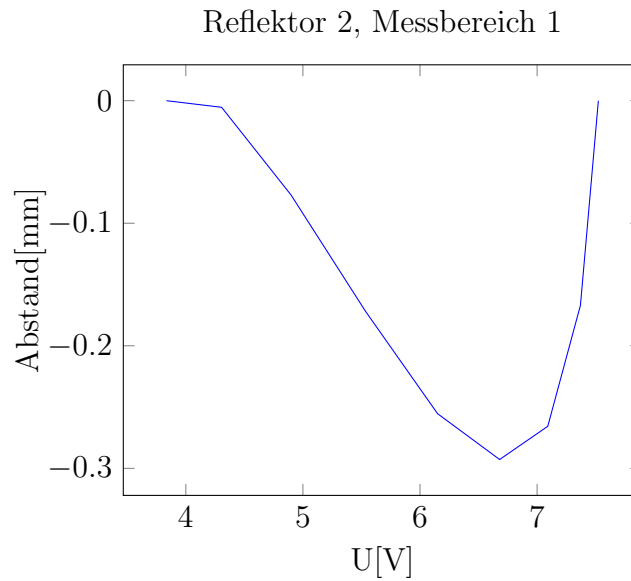


Abbildung 6: Positionsabweichung der Kennlinie von der linearen Approximation - Reflektor 2, Messbereich 1. Maximale Abweichung: 0.2928mm

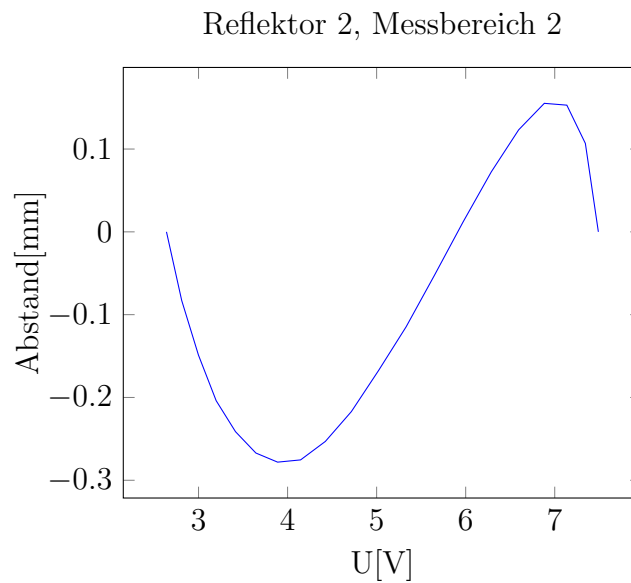


Abbildung 7: Positionsabweichung der Kennlinie von der linearen Approximation - Reflektor 2, Messbereich 2. Maximale Abweichung: 0.2781mm

In den Abbildung 4 bis 7 ist dargestellt, wie die Kennlinie von der linearen Approximation, im jeweiligen Messbereich, abweicht.

Die Sensitivität kann mit

$$E = \frac{\partial U}{\partial d}$$

berechnet werden. Die Sensitivität kann somit auch als die Steigung der linearen Approximation bezeichnet werden.

| | <i>Geradengleichung</i> | $E[\frac{V}{mm}]$ |
|------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| <i>Reflektor 1 Bereich 1</i> | $0.1212V/mm * d - 0.0521V$ | $0.1212V/mm$ |
| <i>Reflektor 1 Bereich 2</i> | $-0.0646V/mm * d + 0.8206V$ | $-0.0646V/mm$ |
| <i>Reflektor 2 Bereich 1</i> | $1.844V/mm * d - 0.775V$ | $1.844V/mm$ |
| <i>Reflektor 2 Bereich 2</i> | $-1.021V/mm * d + 12.5952V$ | $-1.021V/mm$ |

Tabelle 2: Sensitivität der Messbereiche

In Tabelle 2 wird ersichtlich, dass die Kennlinie von Reflektor 2 eine deutlich höhere Sensitivität aufweist. Das bedeutet, dass eine Änderung des Abstands eine deutlich höhere Änderung in der Ausgangsspannung, als bei Reflektor 1, verursacht. Das ist von Vorteil, wenn man geringe Abstände messen möchte.

Möchte man jedoch einen breiteren Messbereich nutzen, wäre der Messbereich 2 des Reflektors 2 zu wählen.

Um die Sensitivität zu erhöhen, muss die Reflektivität des Reflektors erhöht werden.

Um eine eindeutige Abstandsmessung durchzuführen ist es wichtig genau bestimmen zu können, in welchem Messbereich man sich aktuell befindet (steigend oder fallend).

Rauschen und Auflösung

Zur Analyse der Rauscheigenschaften, der Schaltung, wird die Leuchtdiode mit einem Gleichspannungs-Signal von 1.5V und 0.5V versorgt. Als Reflektor wird Reflektor 2 genutzt. Dieser ist so zu positionieren, dass der optische Näherungssensor die maximale Ausgangsspannung liefert (in unserem Fall bei 4.75mm).

Mithilfe von Simulink sollen die Standardabweichung und der Spitze-Spitze-Wert gemessen werden. Dazu wurde das Modell gemäß Abbildung 8 erweitert.

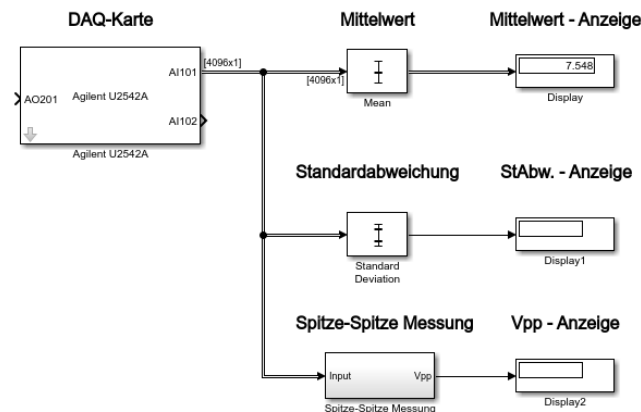


Abbildung 8: Simulink Modell zur Bestimmung der Standardabweichung und des Spitze-Spitze-Werts des Rauschens

Die Messung wurde mit einer Abtastfrequenz von 20kHz , einer daraus resultierenden Abtastzeit von $50\mu\text{s}$ und einer Anzahl von 4096samples durchgeführt. Daraus ergibt sich eine Messdauer von $T_M = \frac{1}{20\text{kHz} \cdot 4096\text{samples}} = 0.2048\text{s}$.

Die Messung wurde bei Tageslicht, mit keiner zusätzlichen Beleuchtung, durchgeführt.

| U_e | $U_{mean}[\text{V}]$ | $\sigma[\text{V}]$ | $V_{pp}[\text{V}]$ |
|---------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| 1.5V | 7.539 | 0.01327 | 0.1053 |
| 0.5V | 2.043 | 0.01279 | 0.09308 |

Tabelle 3: Bestimmung von Mittelwert, Standardabweichung und Spitze-Spitze-Werts des Rauschens

Bei den Messungen zeigt sich, dass das Rauschen weitestgehend unabhängig von der Eingangsspannung ist. Lediglich der Mittelwert ändert sich, bei einer veränderten Eingangsspannung.

Da unsere Erwartung war, dass alle Messwerte mit der Eingangsspannung abnehmen, liegt dem vermutlich ein Messfehler zu Grunde.

Zusätzlich ist festzustellen, dass für gaußförmig verteilte Amplituden der Spitze-Spitze-Wert ungefähr 6σ entspricht. In unserem Fall entspricht das $6\sigma = 0,767\text{V}$ bzw. $0,7962$ was kleiner ist als der gemessene Spitze-Spitze-Wert. Der Zusammenhang wird somit nicht erfüllt, was darauf zurückzuführen ist, dass unsere Amplituden nicht gaußförmig sind. Unsere Störeinflüsse entsprechen somit keiner normalen Zufallsverteilung.

Mögliche Rauschquellen können sein:

- Rauschen in der Spannungsversorgung. Dieser Effekt kann durch passende Filter minimiert werden.
- Rauschen durch Umgebungslicht. Kann durch die Abschirmung des Messaufbaus minimiert werden.
- Rauschen durch Wärmestrahlung. Da unser optischer Näherungssensor Licht im Infrarot-Bereich aussendet, können thermische Störeinflüsse ebenfalls die Messung beeinflussen. Auch hier kann durch eine geeignete Abschirmung der Effekt minimiert werden.

Da bei der optischen Abstandsmessung das Rauschen die exakte Position des Messobjekts verfälscht, kann nur ein Bereich angegeben werden, in dem das Objekt sich mit einer hohen Wahrscheinlichkeit befindet.

Die 6σ -Auflösung ist jener Bereich, in dem der tatsächliche Wert mit einer Wahrscheinlichkeit von 99.7% liegt.

Die Standardabweichung ist abhängig von der Bandbreite.

Spektrum der Fremdlichtintensität

Für die folgende Messung wird die Leuchtdiode mit einer Gleichspannung von 0V versorgt. Des weiteren wird das Simulink Modell gemäß Abbildung 9 um einen Spectrum Analyzer erweitert.

Als Störquelle wird eine Glühfadenlampe in einem Abstand von circa 25cm über dem optischen Näherungssensor platziert.

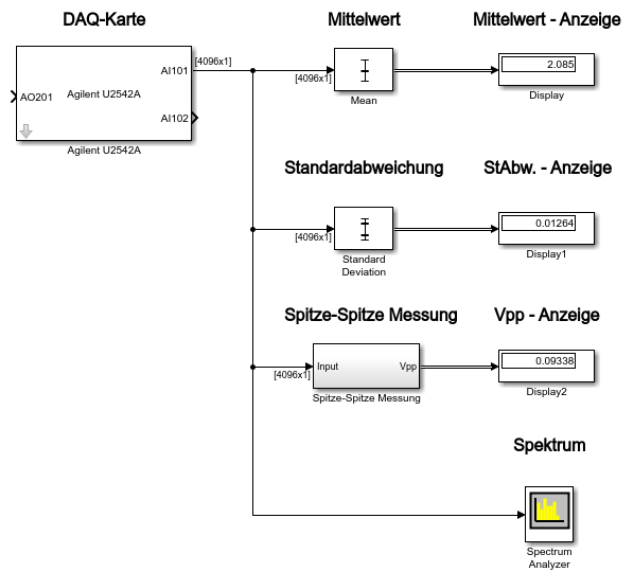


Abbildung 9: Simulink Modell mit Spectrum Analyzer

Es wurden mehrere Messungen durchgeführt, bei denen die Störeinflüsse variiert wurden.

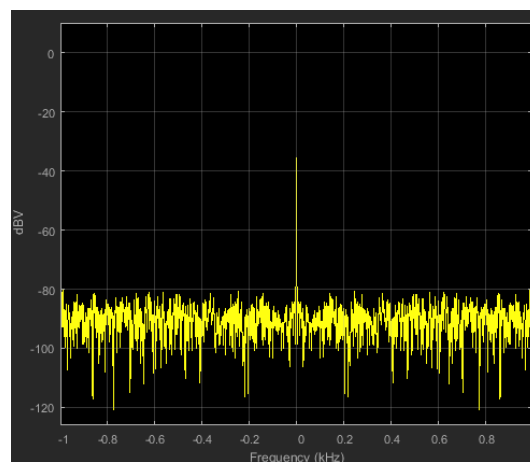


Abbildung 10: Ausgeschaltete Lampe. Mittelwert: 0.01718V. Standardabweichung: 0.01232V. Spitze-Spitze-Wert: 0.08789V.

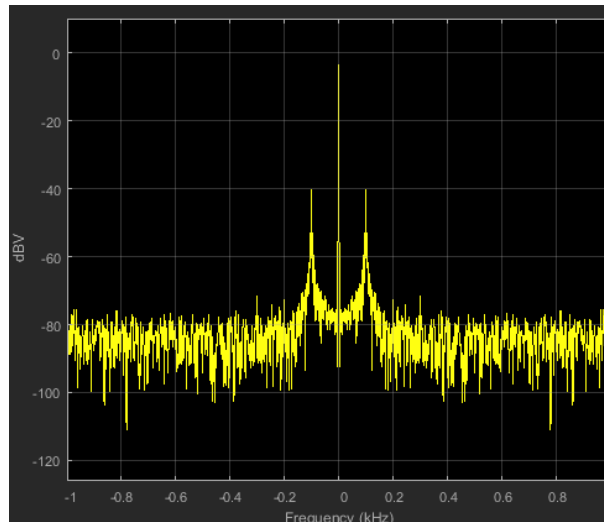


Abbildung 11: Eingeschaltete Lampe. Mittelwert: $0.6646V$. Standardabweichung: $0.02024V$. Spitze-Spitze-Wert: $0.1331V$.

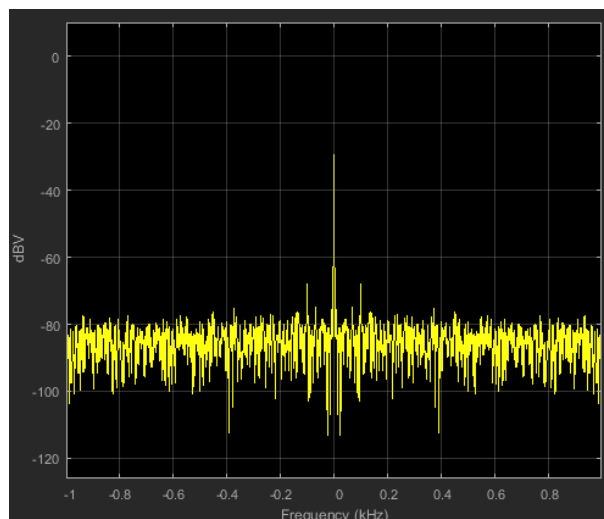


Abbildung 12: Ausgeschaltete Lampe mit Raumbeleuchtung. Mittelwert: $0.03695V$. Standardabweichung: $0.01304V$. Spitze-Spitze-Wert: $0.08881V$.

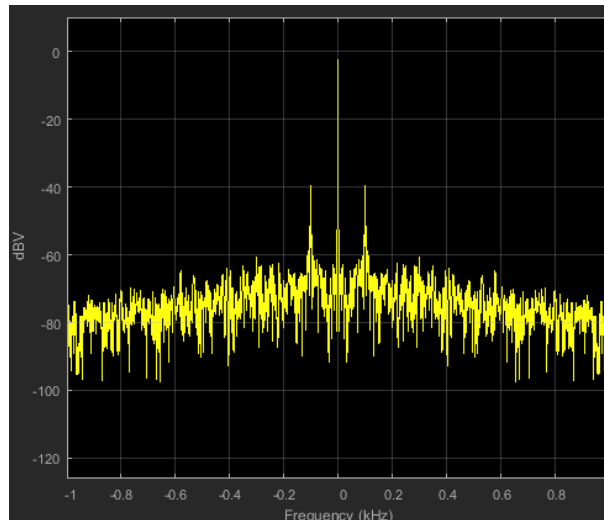


Abbildung 13: Eingeschaltete Lampe mit Raumbelichtung. Mittelwert: $0.7425V$. Standardabweichung: $0.02077V$. Spitze-Spitze-Wert: $0.1389V$.

In Abbildung 13 können markante Frequenzanteile bei $0Hz$, $100Hz$, $200Hz$, $300Hz$, etc. erkannt werden. Diese Anteile kommen größtenteils von der Glühfadenlampe, welche mit Netzspannung, mit $50Hz$, betrieben wurde.

Das Licht wird jedoch als Leistungssignal übertragen. Da die Leistung vom Quadrat der Spannung abhängt, ergibt das ein Produkt aus zwei Sinus-Signalen mit jeweils $50Hz$. Im Frequenzbereich ergibt das Anteile bei $0Hz$ und $100Hz$. Da die Kennlinie der Leuchtdiode nicht linear ist, erzeugt die Taylor-Entwicklung die weiteren Ausschläge bei $200Hz$, $300Hz$, $400Hz$, etc.

Zusätzlich fließen die $0Hz$ der Gleichspannung Eingangsspannung in den markanten Frequenzanteil bei $0Hz$ mit ein.

In Abbildung 10 zeigt sich, dass die oben genannten markanten Frequenzanteile verschwinden, da die Glühfadenlampe nicht mehr als Störquelle aktiv ist.

2.2 Phasenselektiver Synchrongleichrichter

Aufgabenstellung

Ziel dieser Aufgabe ist es die Funktionsweise eines Phasenselektiver Synchrongleichrichters kennen zu lernen. Zusätzlich sollen die Vor- und Nachteile erarbeitet werden.

Allgemeine Funktionsweise

Der Phasenselektiver Synchrongleichrichter, auch PSSG genannt, dient zum Messen der Amplitude einer bestimmten Frequenz, aus einem Mischsignal.

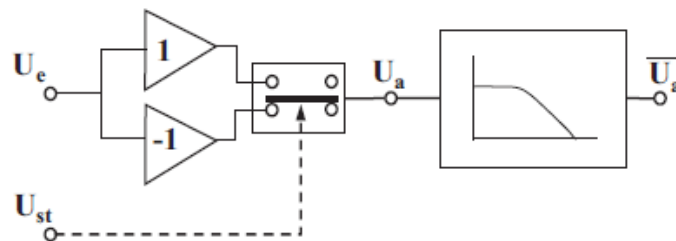


Abbildung 14: Aufbau eines PSSG mit einem Tiefpassfilter zur Mittelwertbildung.

Der PSSG wird mit einem Steuersignal versorgt, welches in der selben Frequenz, wie das Eingangssignal, schwingt. Hierfür wird ein Rechtecksignal genutzt.

Im PSSG wird das Eingangssignal, durch das Steuersignal, abwechselnd invertiert und nicht-invertiert. Dadurch wird der Anteil bei f_{st} gleichgerichtet.

Da es zu Messfehlern kommt, wenn die Frequenz des Steuersignals nicht gleich der Frequenz des Eingangssignals ist, muss sowohl die Frequenz, als auch der Phasenwinkel des Eingangssignals bei der Messung bekannt sein.

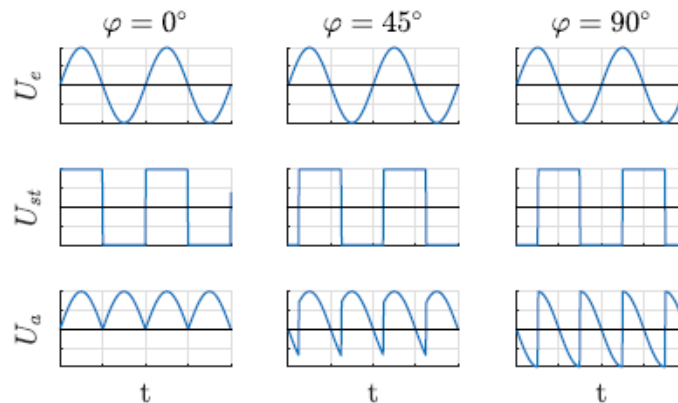


Abbildung 15: Signalverläufe des PSSGs in Abhängigkeit von der Phasenverschiebung.

Messaufbau

Der Phasenselektive Synchrongleichrichter wird in Simulink aufgebaut.

Um keine Abweichung bei der Frequenz oder dem Phasenwinkel zwischen dem Eingangssignal und dem Steuersignal zu erhalten, werden beide Signale vom selben Kanal am Frequenzgenerator versorgt. Das Eingangssignal ist somit gleich dem Steuersignal.

Am Frequenzgenerator wird ein Sinus-Signal mit $0.4V_{pp}$, einem Offset von $1.3V$ und einer Frequenz von $60Hz$ eingestellt.

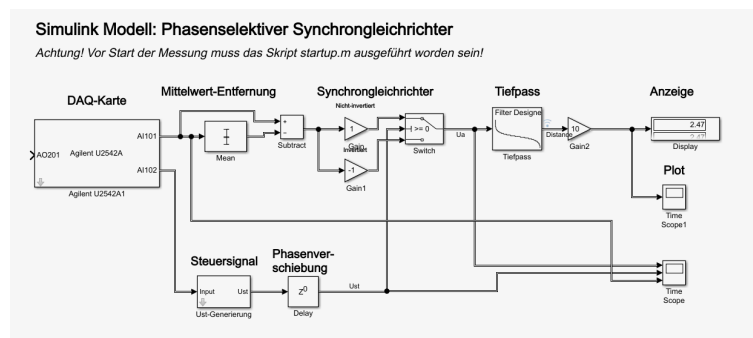


Abbildung 16: Simulink Modell des Phasenselektiven Synchrongleichrichters.

Da der Mittelwert des Signals im realen Fall, aufgrund der endlichen Abtastschritte, nicht ausgelöscht wird, muss er am Eingangs des PSSG vom Signal abgezogen werden.

Als Tiefpassfilter wird ein Butterworth-Tiefpass zehnter Ordnung, mit einer Grenzfrequenz von $3Hz$ gewählt.

Leider gab es während der Messung Probleme mit der DAQ-Karte, an unserem Laborplatz. Später stellte sich heraus, dass die DAQ-Karte eigentlich von einem anderen Messplatz stammt, wo sie als defekt deklariert wurde. Alle weiteren Messungen wurden daher zusammen mit einem anderen Dreier-Team der Gruppe 2 durchgeführt.

Darstellung bei verschiedenen Phasenlagen

Um eine Phasenverschiebung von 0° zu erreichen, wurden im Delay-Block des Simulink Modells 0 Samples konfiguriert.

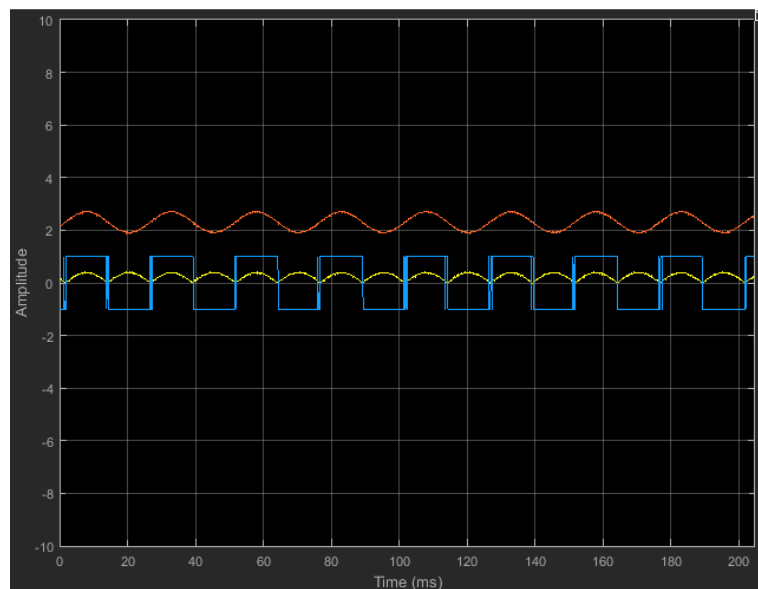


Abbildung 17: Signale des PSSG bei 0° Phasenverschiebung

Das Ausgangssignal (gelb) zeigt, dass das Eingangssignal (rot) korrekt gleichgerichtet wurde.

Um eine Phasenverschiebung von 45° zu erreichen, muss die Anzahl der Samples, zum Verschieben, errechnet werden.

Da wir mit einer Abtastfrequenz von 20kHz arbeiten und das Eingangssignal 60Hz beträgt, ergibt sich die Anzahl der Samples zu

$$\frac{45^\circ}{360^\circ} = \frac{n_{45^\circ}}{n_{360^\circ}} = \frac{n_{45^\circ}}{\frac{f_s}{f_M}}$$

$$n_{45^\circ} = \frac{f_S}{f_M} \frac{n_{45^\circ}}{n_{360^\circ}} = 42 \text{ Samples}$$

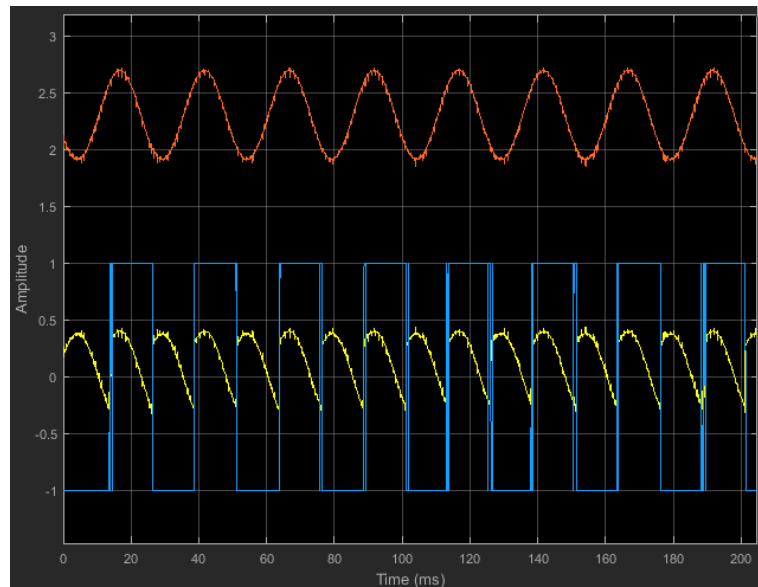


Abbildung 18: Signale des PSSG bei 45° Phasenverschiebung

Um eine Phasenverschiebung von 90° zu erreichen, muss der Delay-Block auf 84 Samples konfiguriert werden.

Die Berechnung erfolgt analog zur Berechnung für eine Phasenverschiebung von 45° .

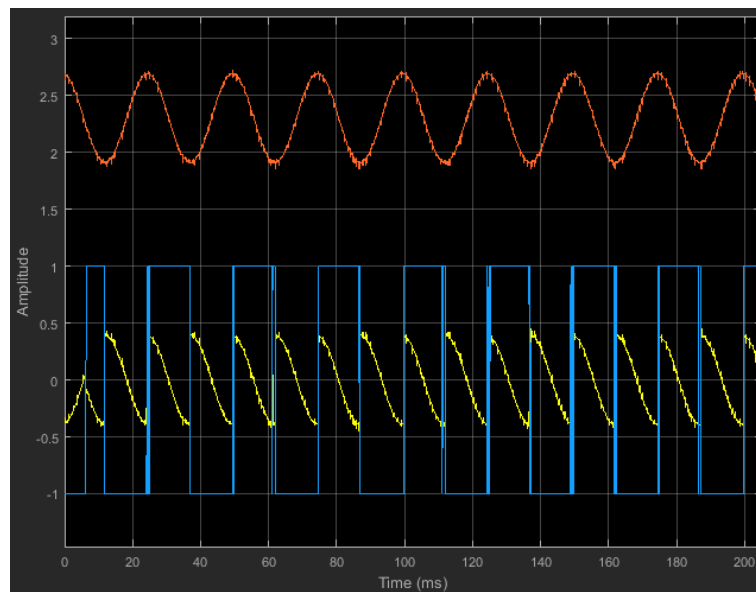


Abbildung 19: Signale des PSSG bei 90° Phasenverschiebung

Wie in Abbildung 19 dargestellt, ist das Ausgangssignal, bei einer Phasenverschiebung von 90° , mittelwertfrei.

Messungen mit dem PSSG

Für diese Aufgabe wurde der Reflektor so positioniert, dass das Ausgangssignal eine Amplitude von circa $0.5V$ hat. Die Glühfadenlampe ist im ersten Schritt noch ausgeschaltet. Als nächstes wird die Glühfadenlampe in einem Abstand von circa $15cm$ platziert.

Am Frequenzgenerator werden $100.5Hz$ eingestellt um die Störung im Ausgangssignal der Lampe, bei $100Hz$, sichtbar zu machen.

Bei exakt $100Hz$ wäre die Störung nur als Gleichanteil sichtbar.

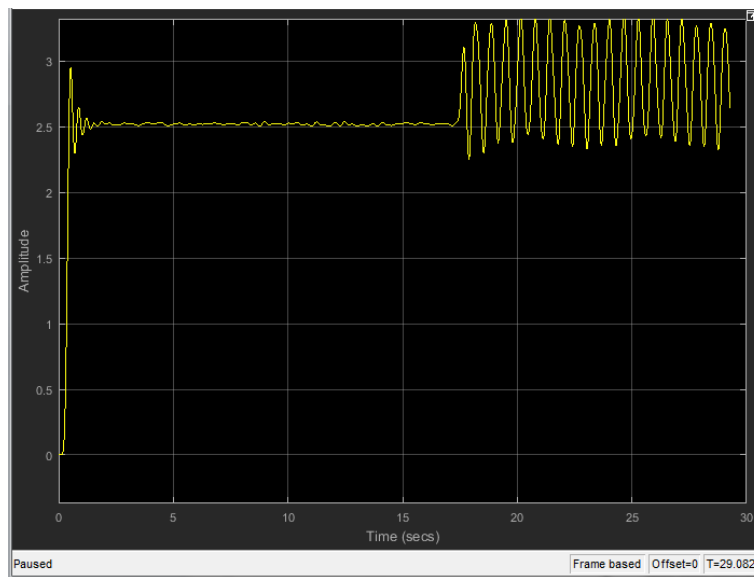


Abbildung 20: Ausgangssignal mit Einschaltvorgang, bei 100.5Hz . Links ohne Störung, rechts mit 100Hz Störung

Die Störung bei 100Hz zeigt sich in Abbildung 20 rechts als niederfrequente Schwingung, da die Faltung des 100.5Hz Rechtecks (unser Steuersignal) eine 0.5Hz Schwingung erzeugt, die der Tiefpass durchlässt.

Die selbe Störung zeigt sich ebenfalls bei 20Hz (siehe Abbildung 21) und 33.4Hz (siehe Abbildung 22), da diese die 3. und 5. Oberwelle des Steuersignals sind.

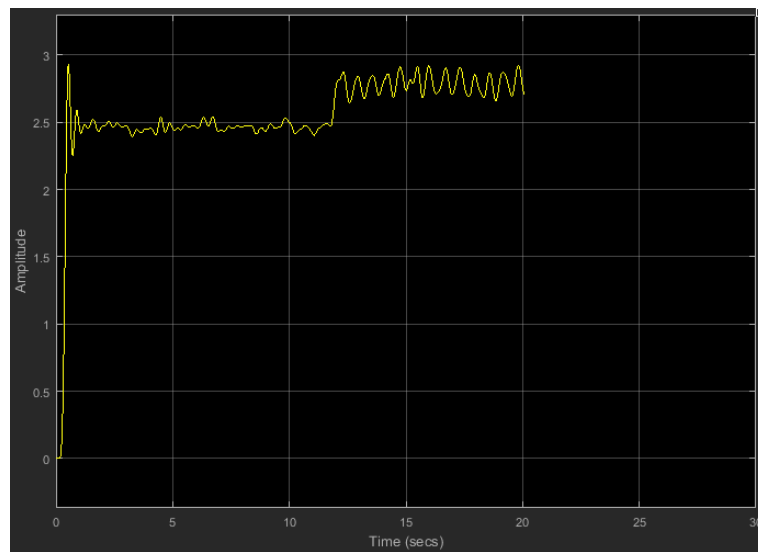


Abbildung 21: Ausgangssignal mit Einschaltvorgang, bei 20Hz . Links ohne Störung, rechts mit Störung

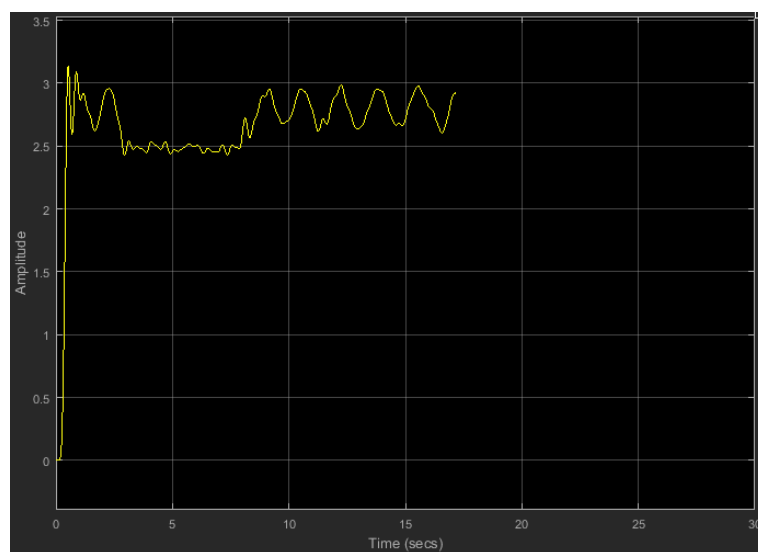


Abbildung 22: Ausgangssignal mit Einschaltvorgang, bei 33.4Hz . Links ohne Störung, rechts mit Störung

Bei 75.1Hz tritt zum Beispiel keine Störung auf, da die Frequenz keine Oberwelle des Steuersignals ist.

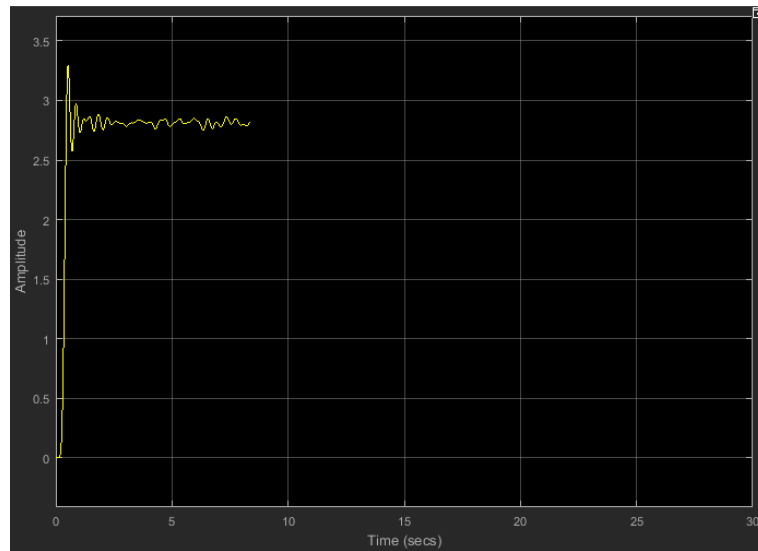


Abbildung 23: Ausgangssignal mit Einschaltvorgang, bei 75.1Hz . Keine Störung

Störungen treten auf, sobald ungeradzahlige Harmonische, aus der Multiplikation des Sinus bei f_{st} mit dem Steuersignal, auf eine Frequenz fallen, wo ein Störsignal liegt.

| <i>Frequenz</i> [Hz] | <i>Störung erwartet?</i> | <i>Störung gemessen?</i> |
|----------------------|--------------------------|--------------------------|
| 20.1 | Ja | Ja |
| 33.4 | Ja | Ja |
| 50.1 | Nein | Nein |
| 75.1 | Nein | Nein |
| 100.1 | Ja | Ja |
| 125.1 | Nein | Nein |
| 150.1 | Nein | Nein |
| 175.1 | Nein | Nein |
| 200.1 | Nein | Nein |

Tabelle 4: Messergebnisse bei unterschiedlichen Messfrequenzen mit dem PSSG

2.3 Phasenunabhängiger Synchrondemodulator

Aufgabenstellung

Ziel dieser Aufgabe ist es die Funktionsweise eines Phasenunabhängiger Synchrondemodulator kennen zu lernen. Zusätzlich sollen die Vor- und Nachteile erarbeitet werden.

Allgemeine Funktionsweise

Der Phasenunabhängiger Synchrondemodulator, auch PUSD genannt, wird, wie der PSSG, verwendet um Amplituden bei einer bestimmten Frequenz zu messen.

Im Gegensatz zum PSSG bietet der PUSD mehrere Vorteile.

- Die Phasenlage des Eingangssignals muss nicht bekannt sein.
- Die Frequenz des Eingangssignals muss nur bis auf den Durchlassbereich der Tiefpassfilter bekannt sein.
- Es kommt zu keinen Störung bei Vielfachen des Steuersignals.

Der Aufbau eines Phasenunabhängige Synchrondemodulators ist in Abbildung 24 dargestellt.

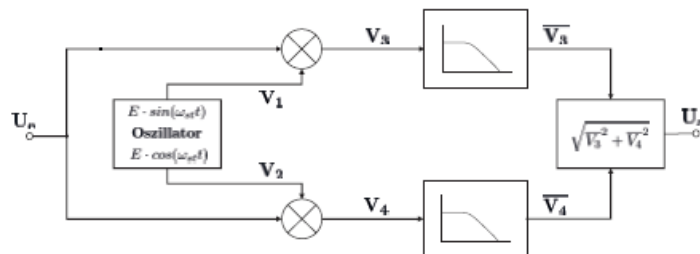


Abbildung 24: Aufbau eines PUSD

Messaufbau

Der Aufbau des PUSD erfolgt wieder in Simulink. Das Modell wird dazu gemäß Abbildung 25 angepasst.

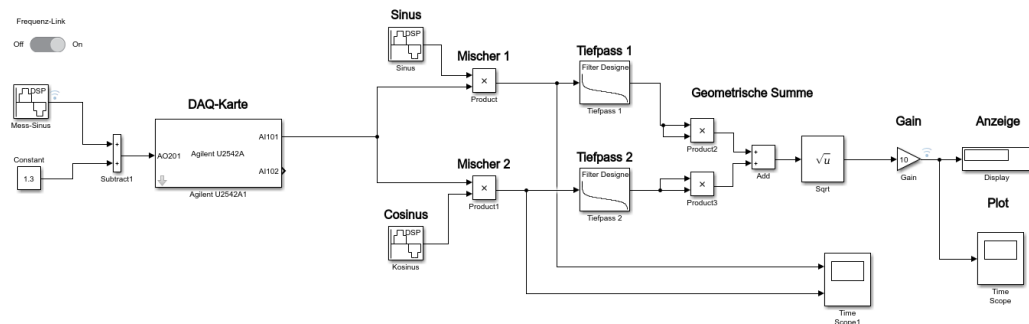


Abbildung 25: Simulink Modell eines PUSD

Im Gegensatz zum Messaufbau des PSSG wird statt dem externen Frequenzgenerator die DAQ-Karte genutzt.

Über den Mess-Sinus Block wird ein Sinus-Signal mit einer Amplitude von $0.2V$ und einem Offset von $1.3V$ eingestellt.

Die Frequenz kann frei gewählt werden. Bei dem PUSD ist das einzige Kriterium für die Wahl der Frequenz, dass in der Nähe von f_{st} keine Störungen auftreten dürfen.

Als Tiefpässe werden zwei Butterworth-Tiefpässe zehnter Ordnung, mit einer Grenzfrequenz von $5Hz$ konfiguriert.

Messungen mit dem PUSD

Wie bereits bei den Messungen mit dem PSSG wird auch für diese Aufgabe der Reflektor 2 so platziert, dass das Ausgangssignal eine Amplitude von circa $0.5V$ hat.

Die Glühfadenlampe wird wieder in einem Abstand von ungefähr $20cm$ positioniert und bleibt vorerst noch ausgeschaltet.

Um die $100Hz$ -Störung der Lampe sichtbar zu machen, wird in Simulink eine Frequenz von $102Hz$ eingestellt.

Aus der Messfrequenz von $102Hz$ und der Bandbreite der Tiefpässe von $5Hz$ resultiert eine Empfindlichkeit der Schaltung auf $97Hz$ bis $107Hz$.

Wieder wurden Messungen bei $21Hz$, $33.4Hz$, $102Hz$ und $110Hz$ durchgeführt.

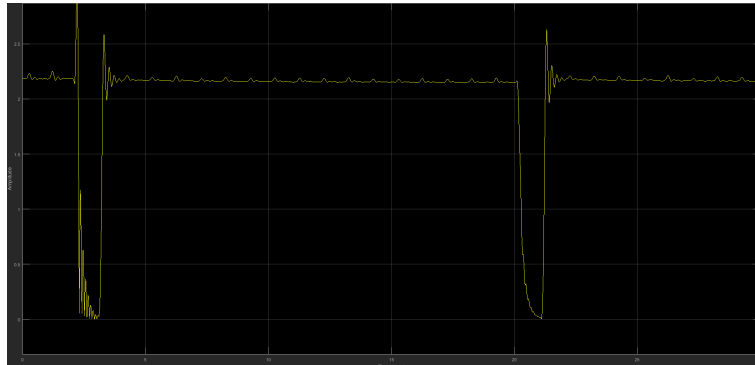


Abbildung 26: Messung bei angeschalteter Lampe. Links mit 21Hz , rechts mit 34Hz Ausgangsspannung. In beiden Fällen tritt keine Störung auf.

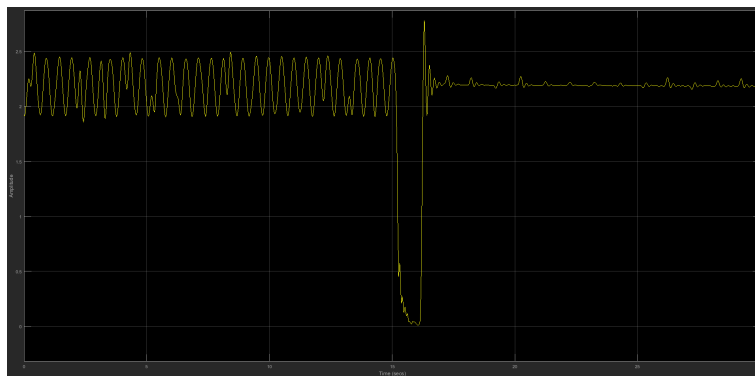


Abbildung 27: Messung bei angeschalteter Lampe. Links mit 102Hz , rechts mit 110Hz Ausgangsspannung. Bei 102Hz ist, wie erwartet, eine Störung sichtbar.

Eine Störung tritt lediglich bei 102Hz auf, da sich die Frequenz im Messbereich befindet. Weitere Störungen bei ungeradzahligen Harmonischen des Steuersignals, wie beim PSSG, gibt es beim PUSD nicht.

| <i>Frequenz [Hz]</i> | <i>Störung erwartet?</i> | <i>Störung gemessen?</i> |
|----------------------|--------------------------|--------------------------|
| 20.1 | Nein | Nein |
| 33.4 | Nein | Nein |
| 50.1 | Nein | Nein |
| 75.1 | Nein | Nein |
| 100.1 | Ja | Ja |
| 125.1 | Nein | Nein |
| 150.1 | Nein | Nein |
| 175.1 | Nein | Nein |
| 200.1 | Nein | Nein |

Tabelle 5: Messergebnisse bei unterschiedlichen Messfrequenzen mit dem PUSD

Als Unterschied zur Messung mit dem PSSG ist somit zu nennen, dass Störungen, bei ungeradzahligen Harmonischen des Steuersignals beim PUSD die Messung nicht beeinflussen.

3 **Verwendete Geräte**

- Agilent U2542A - DAQ-Karte
- Honeywell HOA1404-002 - Optischer Näherungssensor
- Rigol DP832 - Spannungsversorgung
- Agilent DSO-X 2002A - Digitales Oszilloskop

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | Simulink Modell zur Bestimmung des Mittelwerts | 6 |
| 2 | Kennlinie - Reflektor 1 | 8 |
| 3 | Kennlinie - Reflektor 2 | 8 |
| 4 | Positionsabweichung der Kennlinie von der linearen Approximation - Reflektor 1, Messbereich 1. Maximale Abweichung: 0.2748mm | 9 |
| 5 | Positionsabweichung der Kennlinie von der linearen Approximation - Reflektor 1, Messbereich 2. Maximale Abweichung: 0.2484mm | 9 |
| 6 | Positionsabweichung der Kennlinie von der linearen Approximation - Reflektor 2, Messbereich 1. Maximale Abweichung: 0.2928mm | 10 |
| 7 | Positionsabweichung der Kennlinie von der linearen Approximation - Reflektor 2, Messbereich 2. Maximale Abweichung: 0.2781mm | 10 |
| 8 | Simulink Modell zur Bestimmung der Standardabweichung und des Spitze-Spitze-Werts des Rauschens | 12 |
| 9 | Simulink Modell mit Spectrum Analyzer | 14 |
| 10 | Ausgeschaltete Lampe. Mittelwert: 0.01718V. Standardabweichung: 0.01232V. Spitze-Spitze-Wert: 0.08789V. | 14 |
| 11 | Eingeschaltete Lampe. Mittelwert: 0.6646V. Standardabweichung: 0.02024V. Spitze-Spitze-Wert: 0.1331V. | 15 |
| 12 | Ausgeschaltete Lampe mit Raumbelichtung. Mittelwert: 0.03695V. Standardabweichung: 0.01304V. Spitze-Spitze-Wert: 0.08881V. | 15 |
| 13 | Eingeschaltete Lampe mit Raumbelichtung. Mittelwert: 0.7425V. Standardabweichung: 0.02077V. Spitze-Spitze-Wert: 0.1389V. | 16 |
| 14 | Aufbau eines PSSG mit einem Tiefpassfilter zur Mittelwertbildung. | 17 |
| 15 | Signalverläufe des PSSGs in Abhängigkeit von der Phasenverschiebung. | 18 |
| 16 | Simulink Modell des Phasenselektiver Synchrongleichrichters. | 18 |
| 17 | Signale des PSSG bei 0° Phasenverschiebung | 19 |
| 18 | Signale des PSSG bei 45° Phasenverschiebung | 20 |
| 19 | Signale des PSSG bei 90° Phasenverschiebung | 21 |
| 20 | Ausgangssignal mit Einschaltvorgang, bei 100.5Hz. Links ohne Störung, rechts mit 100Hz Störung | 22 |
| 21 | Ausgangssignal mit Einschaltvorgang, bei 20Hz. Links ohne Störung, rechts mit Störung | 23 |
| 22 | Ausgangssignal mit Einschaltvorgang, bei 33.4Hz. Links ohne Störung, rechts mit Störung | 23 |
| 23 | Ausgangssignal mit Einschaltvorgang, bei 75.1Hz. Keine Störung | 24 |
| 24 | Aufbau eines PUSD | 25 |
| 25 | Simulink Modell eines PUSD | 26 |
| 26 | Messung bei angeschalteter Lampe. Links mit 21Hz, rechts mit 34Hz Ausgangsspannung. In beiden Fällen tritt keine Störung auf. | 27 |

- 27 Messung bei angeschalteter Lampe. Links mit $102Hz$, rechts mit $110Hz$
Ausgangsspannung. Bei $102Hz$ ist, wie erwartet, eine Störung sichtbar. . . 27

Tabellenverzeichnis

| | | |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | Auswertung der Ausgangsspannung in Abhängigkeit des Abstands für beide Reflektoren | 7 |
| 2 | Sensitivität der Messbereiche | 11 |
| 3 | Bestimmung von Mittelwert, Standardabweichung und Spitze-Spitze-Werts des Rauschens | 12 |
| 4 | Messergebnisse bei unterschiedlichen Messfrequenzen mit dem PSSG | 24 |
| 5 | Messergebnisse bei unterschiedlichen Messfrequenzen mit dem PUSD . . . | 28 |