

Korrektur der Phasenverschiebung: Es gehören immer zwei dazu

Mit der Korrektur der Phasenverschiebung bei der Leistungsanalyse verhält es sich wie beim Tango – es gehören immer zwei dazu: der Leistungsanalysator, der diese Funktion unterstützt, sowie ein geeigneter Sensor mit bekannter Phasenverzögerung. Wenn eines davon fehlt ... naja ... stellen Sie sich diesen Tango vor ...

In der Leistungsanalyse kann man kleine Ströme durchaus mit Shunt-Widerständen vermessen. Bei Strömen über 50 A kommen in der Regel aber Stromsensoren ins Spiel.

Allerdings erzeugt jeder Stromsensor der Welt einen allmählich zunehmenden Phasenfehler im Hochfrequenzbereich aufgrund von Gruppenlaufzeiten im Schaltkreis. Darüber hinaus führen Unterschiede im Design der verschiedenen Sensormodelle dazu, dass die Größe dieses Fehlers variiert.

Mit einer Funktion zur Korrektur der Phasenverschiebung kann dieser Fehler kompensiert werden. Damit eine solche Korrektur der Phasenverschiebung ordnungsgemäß funktioniert, sind zwei Dinge erforderlich:

- Ein Leistungsanalysator, dessen Software die richtigen Berechnungen durchführt
- Ein Stromsensor mit bekannter Phasenverschiebung

Die Berechnungen in der Software des Leistungsanalysators sind vergleichbar mit der Deskew-Funktion eines Oszilloskops: Wenn zwei unterschiedliche Signale aufgrund von Latenzen zu unterschiedlichen Zeiten an den Eingängen des Oszilloskops eintreffen, dann können diese Signale mit der Deskew-Funktion einander angeglichen werden, indem die Latenz mit einem festen Zeitwert kompensiert wird.



Abbildung 1: Leistungsanalysator PW6001 von HIOKI

Wenn man den Korrekturwert für die Phasenverschiebung in einem Leistungsanalysator wie dem PW6001 von HIOKI eingibt, dann geschieht im Prinzip das Gleiche, da es sich bei der Phasenverschiebung im Wesentlichen um eine Zeitverzögerung zwischen Strom und Spannung handelt. Als Beispiel ist hier die Verzögerung eines Stromsensors der CT68-Serie von HIOKI dargestellt. Die Zeitverzögerung wird dabei in Nanosekunden gegenüber der Frequenz angezeigt:

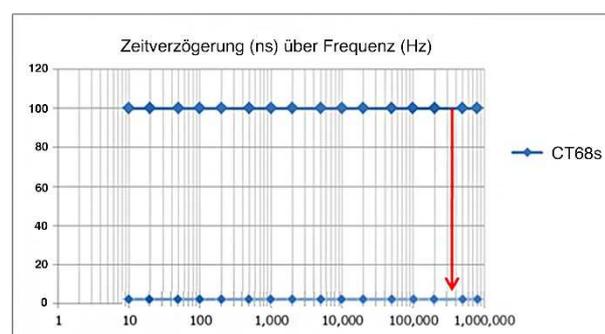


Abbildung 2: Zeitverzögerung eines CT68-Sensors von HIOKI

Eine Verzögerung von 100 ns bei 100 Hz hat natürlich nicht dieselben Auswirkungen wie eine Verzögerung von 100 ns bei 1 Mhz. Dies wird deutlich, wenn man die oben dargestellte Zeitverzögerung in Phasenverschiebungswerte überträgt, die in Grad angegeben werden:

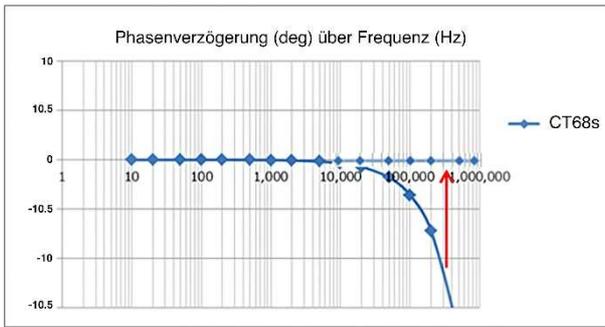


Abbildung 3: Phasenverzögerung über der Frequenz

Um die Dinge so einfach wie oben zu gestalten, braucht man aber einen Stromsensor, bei dem die Zeitverzögerung unabhängig von der Frequenz stets gleich ist. Dies ist bei Stromsensoren von HIOKI der Fall, wie z. B. bei der CT68-Serie. Genau wie bei der Deskew-Funktion, wird dann nur ein Wert benötigt, um die Phasenverschiebung des Sensors zu kompensieren.

Dies ist bei derzeit auf dem Markt erhältlichen Stromsensoren keineswegs Standard, weshalb die Sensoren von HIOKI hier eine Sonderstellung einnehmen. Folgendes würde bei einem typischen Stromsensor passieren:

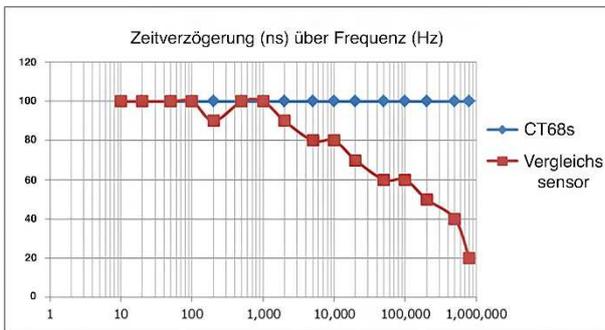


Abbildung 4: Typische Sensoren im Vergleich zur Reihe CT68 von HIOKI

Ein Sensor, bei dem die Zeitverzögerungswerte je nach Frequenz unterschiedlich sind, erschwert die Kompensation der Phasenverschiebung in einem Leistungsanalysator erheblich. Denn welchen Wert soll man dann als Parameter für die Deskew-Funktion verwenden?



Abbildung 5: Stromsensoren von HIOKI

Eine weitere Besonderheit der Stromsensoren von HIOKI besteht darin, dass es für die Phasenverschiebung nicht relevant ist, wo sich die stromführende Leitung innerhalb des Sensors bei der Messung befindet:

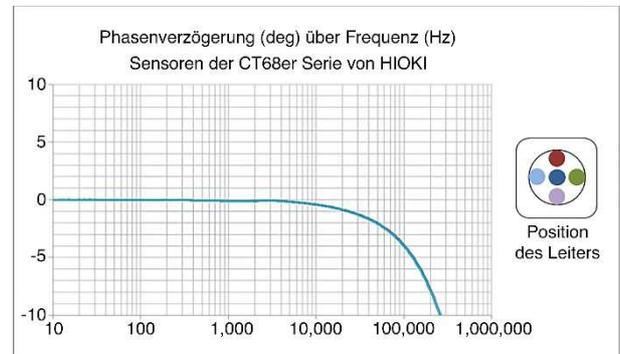


Abbildung 6: Phasenverzögerung eines HIOKI CT68 und Position des Leiters

Im Diagramm ist nur eine einzige Linie zu sehen, da die Phasenverzögerungskurven für alle fünf Messpositionen gleich sind. Auch dies ist bei derzeit auf dem Markt erhältlichen Stromsensoren kein Standard. Denn üblicherweise macht die Position des Leiters innerhalb des Sensors durchaus einen Unterschied, wie die nachfolgende Abbildung zeigt:

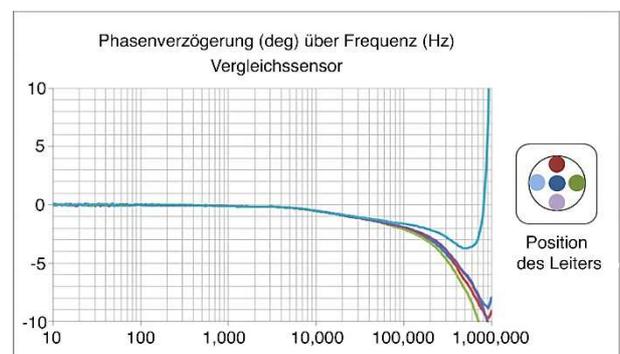


Abbildung 7: Phasenverzögerung eines typischen Sensors und Position des Leiters

Wie man sieht, gibt es keine Kompensation der Phasenverschiebung ohne einen Leistungsanalysator, der diese Funktion auch unterstützt. Es gilt aber auch festzuhalten, dass eine ordnungsgemäße Korrektur der Phasenverschiebung bei Messungen erst durch die Kombination aus Leistungsanalysator und geeignetem Stromsensor möglich wird.

HIOKI legt bereits seit vielen Jahren den Schwerpunkt auf die Herstellung von Sensorik für die Leistungsmessung, wobei die Eigenschaften hinsichtlich der Zeitverzögerung stets ein zentrales Anliegen der HIOKI-Ingenieure waren. Gleichzeitig sind Sensoren anderer Hersteller in der Regel nur für genaue (DC-) Strommessungen ausgelegt, wobei die Eigenschaften hinsichtlich der Phasenverzögerung dann weniger relevant sind.



Abbildung 8: Leistungsanalyse – es gehören immer zwei dazu ...

Daher sind Leistungsanalysatoren von HIOKI zusammen mit HIOKI-Stromsensoren die perfekte Kombination für die Breitband-Leistungsanalyse von DC bis in den Hochfrequenzbereich. Denn genau wie beim Tango gehören immer zwei dazu.

(Autor: Kai Scharmann)

Kontakt:

HIOKI Europe GmbH
Rudolf-Diesel-Strasse 5
65760 Eschborn
Deutschland
hioki@hioki.eu

©2020 HIOKI Europe GmbH, Kai Scharmann