

Messung der frequenzabhängigen Netzimpedanz

Motivation

Eine nachhaltige elektrische Energieversorgung basierend auf regenerativen Energieträgern wird in Deutschland in Zukunft an Bedeutung gewinnen und der Anteil Erneuerbarer Energien (EE) am Bruttostromverbrauch in Deutschland weiter steigen. Damit erhöht sich der Einfluss der EE auf das Energieversorgungsnetz und dessen Netzqualität erheblich. Grund dafür ist, dass moderne EE-Anlagen (Windenergieanlagen, PV-Anlagen, etc.) üblicherweise mittels leistungselektronischer Komponenten mit dem Netz gekoppelt sind und diese häufig die Quelle von Oberschwingungen darstellen.

Abgesehen von dem Ausbau der EE-Anlagen werden darüber hinaus in Industrieunternehmen ebenfalls zunehmend mehr leistungselektronische Komponenten (z.B. Frequenzumrichter) aus Energieeffizienzgründen eingesetzt. Darüber hinaus sollten ebenfalls die Auswirkungen von zukünftig flächendeckenden Schnellladestationen für die Elektromobilität in Bezug auf die Netzqualität nicht außer Acht gelassen werden.

Um allerdings die Auswirkungen der emittierten Oberschwingungsströme am jeweiligen Anschlusspunkt hinsichtlich der Spannung beurteilen zu können, sind Kenntnisse über die frequenzabhängige Netzimpedanz erforderlich.

Somit ist die Bestimmung der frequenzabhängigen Netzimpedanz bei der Netzintegration von EE-Anlagen von zentraler Bedeutung. Insbesondere für die Dimensionierung der Anschlusskapazität von Netzanschlusspunkten, die Bewertung der entstehenden Netzurückwirkungen und die Einhaltung der damit verbundenen Normen.

In folgenden Situationen sollte über eine Bestimmung der frequenzabhängigen Netzimpedanz nachgedacht werden:

- Beurteilung von Netzurückwirkung, die durch den Betrieb von leistungselektronischen Anlagen (z.B. Frequenzumrichter), entstehen können
- Dimensionierung der Anschlusskapazität von Netzanschlusspunkte
- Auslegung bzw. Dimensionierung von Filteranlagen
- Erstellung eines Netzmodells des Netzes für harmonische Simulationsstudien

Mit der Kenntnis der frequenzabhängigen Netzimpedanz kann nachfolgend beurteilt werden, ob die Anschlusskapazität für die geplante Anlage ausreichend ist, oder ob eine Verletzung der Netzqualitätsgranzwerte (Normen) zu erwarten ist. Ist letzteres der Fall, können Abhilfemaßnahmen z.B. in Form einer Filteranlage, abgestimmt auf die frequenzabhängige Netzimpedanz, in Erwägung gezogen werden.

Beschreibung des Messkonzeptes für die Niederspannung

Das von der Firma Göbel entwickelte Messkonzept für die Niederspannung wird als „NetImpAnalyzer“ bezeichnet und ist in Abbildung 1 dargestellt. Das Messkonzept besteht aus einer Anregungseinheit, einem Aufzeichnungsmessgerät und einer Auswertesoftware. Zur Bestimmung der frequenzabhängigen Netzimpedanz wird die Anregungseinheit z.B. über eine Schuko-Steckdose mit dem Niederspannungsnetz des Kunden verbunden. Mit Hilfe von ein- und ausschaltbaren Lasten, die sich in der Anregungseinheit befinden, wird das Netz des Kunden bis zu einer Bandbreite von ca. 100 kHz angeregt.

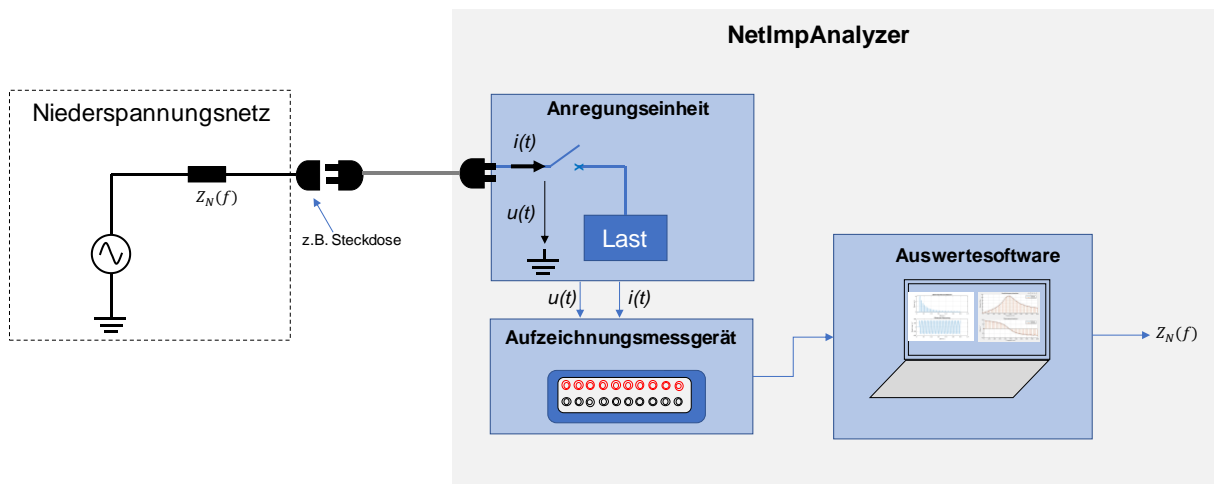


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Messkonzeptes für die Niederspannung

Das Aufzeichnungsmessgerät misst die transienten Größen (Spannung $u(t)$ und Strom $i(t)$), welche durch die geschalteten Lasten erzeugt werden. Anschließend werden die aufgezeichneten Signale an eine Auswertesoftware übergeben, mit der die Netzimpedanz in Abhängigkeit der Frequenz am Anschlusspunkt berechnet wird. Je nach Zustand des Netzes (starkes oder schwaches Netz) und Bandbreite der Anregung kann die frequenzabhängige Netzimpedanz bis ca. 100 kHz bestimmt werden.

Beschreibung des Messkonzeptes für die Mittel- Hoch- und Höchstspannung

Zur Bestimmung der Netzimpedanz in der Mittel- Hoch- und Höchstspannung werden transiente Vorgänge, die durch Schalthandlungen im Netz entstehen (z.B. Einschaltvorgang eines Transformators), verwendet. Geeignete Strom- und Spannungssensoren sind in diesem Fall erforderlich. Das Messkonzept ist schematisch in der Abbildung 2 dargestellt.

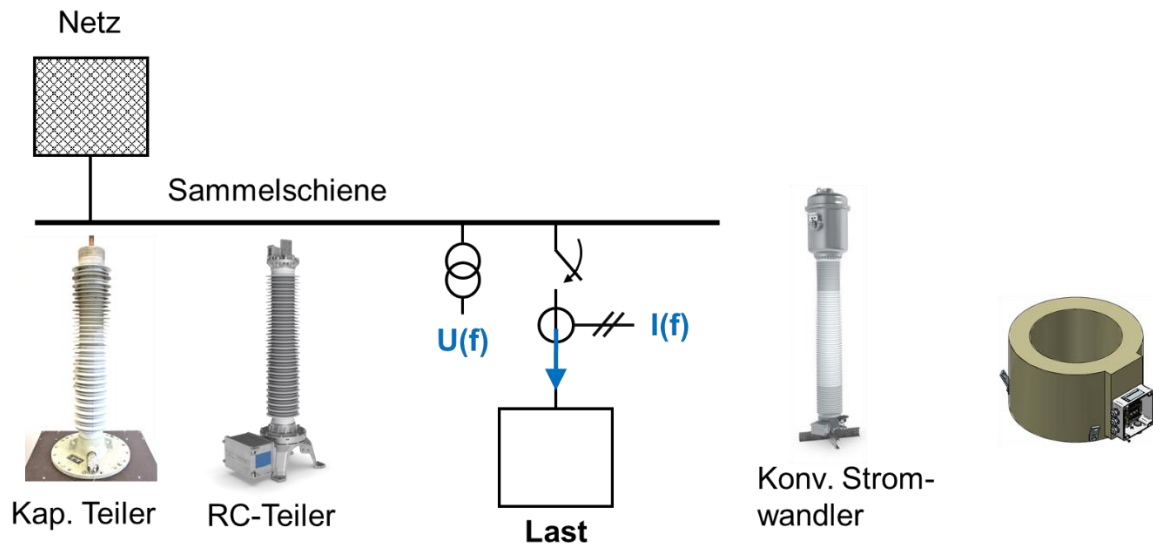


Abbildung 2: Schematische Darstellung des Messkonzepts für die Mittel- Hoch- und Höchstspannung

Anwendungsbeispiel für die Niederspannung

Um den Mehrwert einer Messung der frequenzabhängigen Netzimpedanz zu zeigen, wird hier ein Fallbeispiel aus der Praxis präsentiert. Es handelt sich um eine Messung zur Aufklärung der Ursachen von Netzurückwirkungen im Niederspannungsnetz der EAM Netz GmbH. Untersucht wurden Störungen in einem Wohngebiet und in einer nahegelegenen Wasserpumpstation. Im Zuge einer Modernisierung der Station wurde die Pumpe mit einem drehzahlgeregelten Antrieb nachgerüstet, was in Hinblick auf den Pumpenbetrieb von Vorteil ist. Nach dem Einbau des benötigten Frequenzumrichters kam es zu Störungen bei Kunden der EAM Netz im benachbarten Wohngebiet (Pfeifgeräusche an Fernsehgeräten, fehlerhafte Zeitangaben an Radioweckern). Anhand von Spannungsqualitätsmessungen und durch einen Abgleich der Zeiträumen mit dem Auftreten der Störungen bei den Anwohnern mit den Betriebszeiten des drehzahlgeregelten Antriebs wurde ersichtlich, dass der nachgerüstete Frequenzumrichter zu den Problemen führt. Als Sofortmaßnahme wurde der Antrieb wieder im Stern-Dreieck-Betrieb ohne Umrichter betrieben.

Zur Untersuchung, weshalb es durch den Betrieb des Frequenzumrichters zu derart starken Netzurückwirkungen kommt, wurde in dem Netzgebiet an drei verschiedenen Stellen die Netzimpedanz gemessen (siehe Abbildung 3).

Die Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse der Netzimpedanzmessung direkt an der Ortnetzstation (Messstelle 1). Hierbei wird die Netzimpedanz im niederfrequenten Bereich durch die Impedanz des vorgelagerten Mittelspannungsnetzes und die Transformatorimpedanz

dominiert. Es wurde festgestellt, dass die Impedanzwerte der einzelnen Phasen ab 4 kHz etwas unterschiedlich verlaufen.

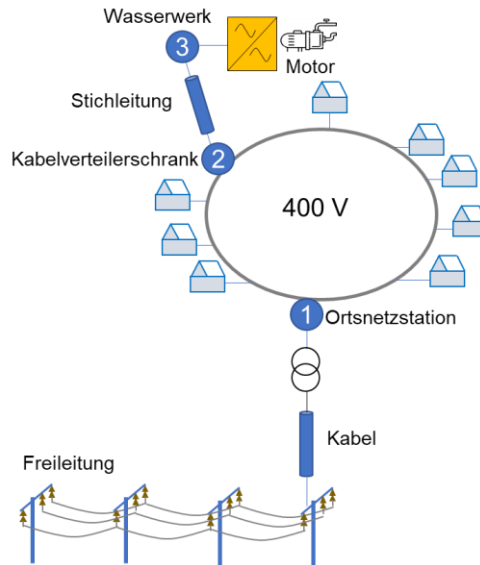


Abbildung 3: Skizze der durchgeführten Messkampagne

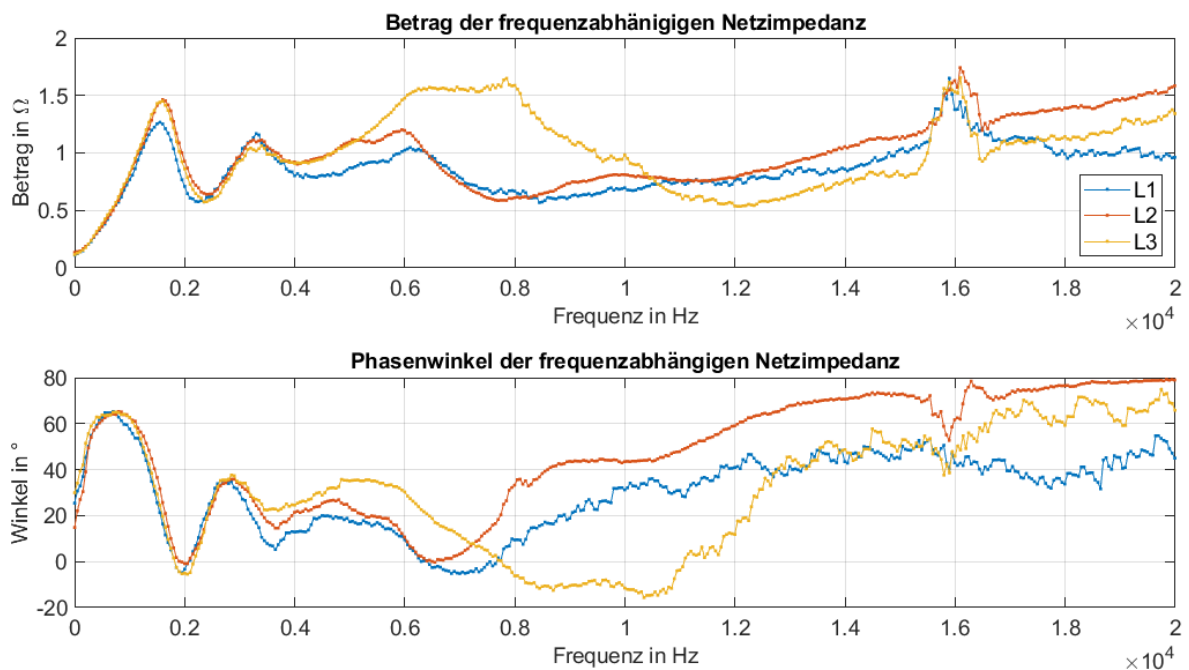


Abbildung 4: Gemessene frequenzabhängige Netzimpedanz an der Ortsnetzstation

In der Abbildung 5 sind die Ergebnisse der Messung an der Messstelle 3 (Wasserwerk) dargestellt. Es zeigt sich, dass speziell die Impedanz der Stichelitung zwischen dem Ringnetz und dem Wasserwerk zu einer starken Zunahme der Netzimpedanz führt. Diese Zunahme der Netzimpedanz, vor allem im Bereich der Resonanzfrequenz (bei 13,5 kHz bei der Phase L3), wurde als Hauptursache der NetZRückwirkungen identifiziert. Anhand dieser Erkenntnisse

lassen sich sinnvolle und wirksame Abhilfemaßnahme planen, um die ungewünschten Netzrückwirkungen zu vermeiden.

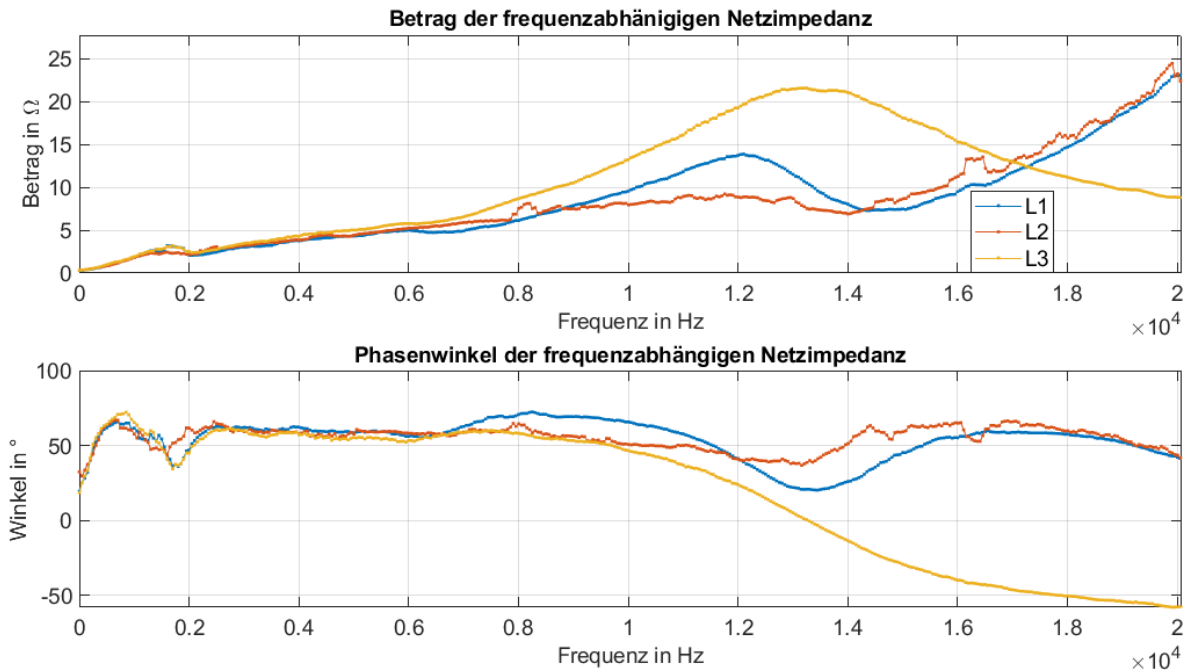


Abbildung 5: Gemessene frequenzabhängige Netzimpedanz an der Messstelle 3 (Wasserwerk)

Ihre Vorteile

- ✓ Sie können die Rückwirkung von emittierten Oberschwingungsströme auf die harmonische Netzspannung bestimmen
- ✓ Sie können Resonanzstellen feststellen und entsprechende Gegenmaßnahmen (z.B. Filter) einleiten um Ihre Betriebsmittel und das Netz zu schützen
- ✓ Sie können für harmonische Untersuchungen die frequenzabhängige Netzimpedanz in Ihr Simulationsprogramm übertragen

Gerne führen wir eine unverbindliche Demo-Messung durch, um Ihnen die Dienstleistungen vorzustellen. Nehmen Sie einfach Kontakt mit uns auf!



Ansprechpartner

Alexander Lübke

Tel. +49 2383 6189 698

Mobil +49 175 7616 547

a.luebke@hgmes.de

Hubert Göbel GmbH

Siemensstraße 42

D-59199 Bönen

www.hgmes.de

[LinkedIn / Xing](#)

