

NEW 4.0
WISSENSCHAFTS
KONGRESS

www.new4-0.de

Vermessung der Zeit- und Frequenzabhängigen
Netzimpedanz zur optimierten Netzintegration
elektrischer Anlagen
Johannes Schröder | Helmut-Schmidt-Universität

© www.mediaserver.hamburg.de | Christian Spahrbieter

NEW 4.0
Norddeutsche EnergieWende

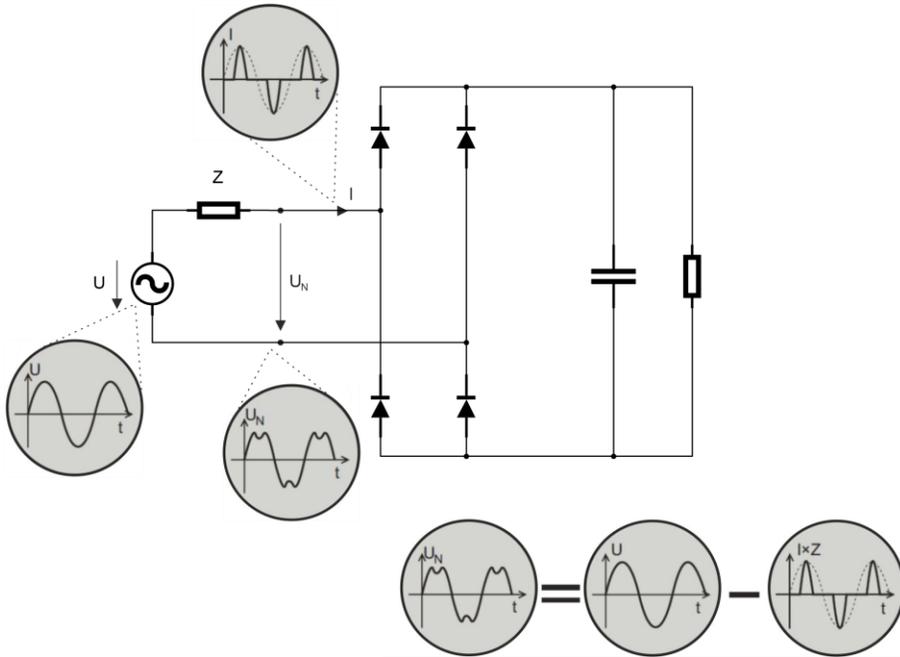


anlässlich des 75. Jahrestages
des Deutschen Bundestages



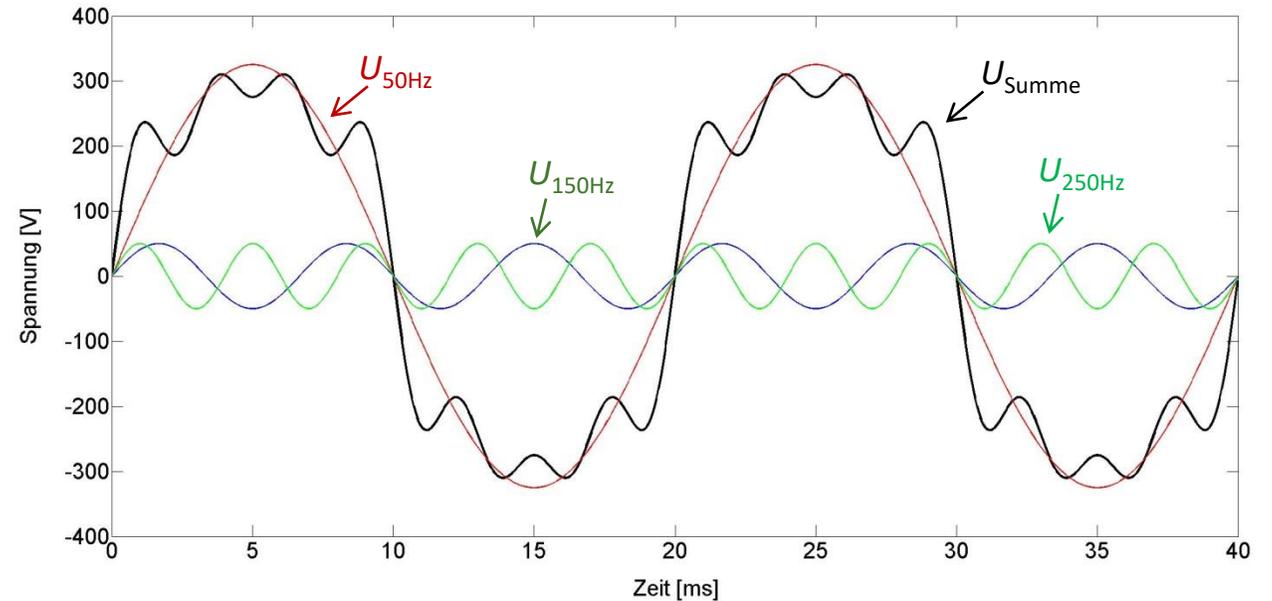
- Netzqualität: Versorgungssicherheit und **Spannungsqualität**
- Spannungsqualität: Amplitude, Frequenz und **Spannungsform**
- Spannungsform: Belastung des Netzes durch **Netzurückwirkungen**
- Netzurückwirkungen: **Leistungselektronische Bauteile**, Bezug- und Einspeisung
- **Zeit- und frequenzabhängig** durch Lastwechsel, Schalthandlungen, fluktuierende Erzeuger

Beispiel für Ursache von Netzurückwirkungen



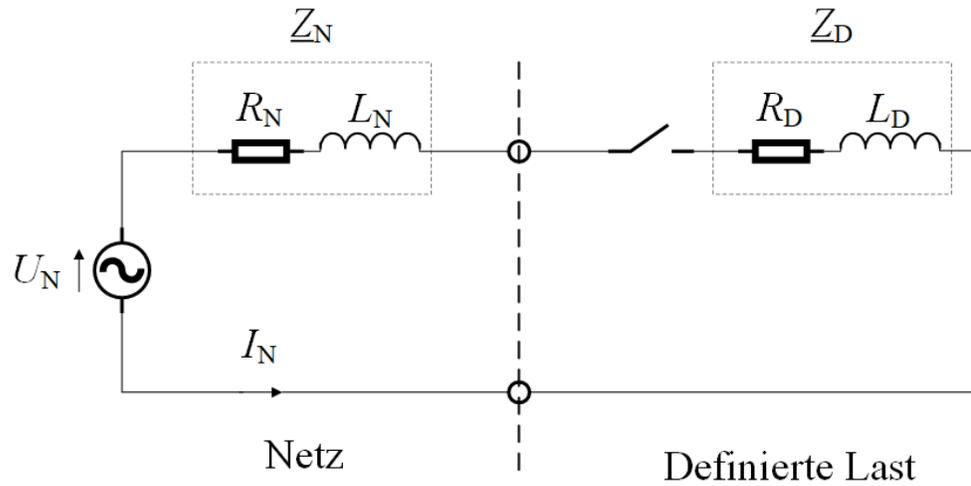
- Spannungseinbrüche durch Schaltvorgänge
- Nichtlineare Verbraucher
- Phasenanschnittsteuerung
- Nicht sinusförmige Stromspeisung

Summierung von Sinusspannungen mit 50 Hz, 150 Hz und 250 Hz



$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos(k\omega_0 t) + b_k \sin(k\omega_0 t)$$

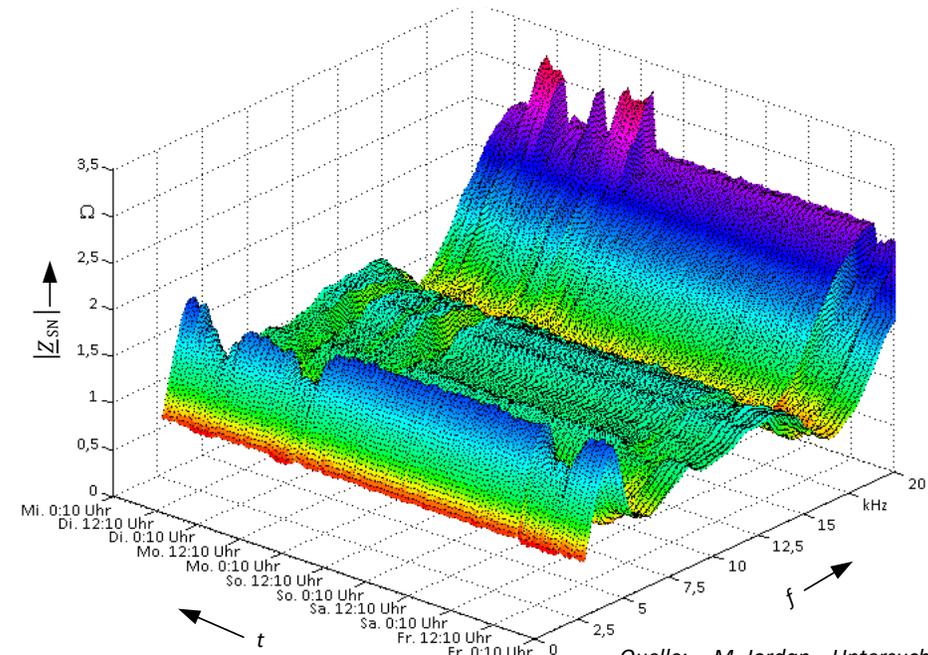
Messprinzip



$$\underline{Z} = R + jX = \frac{\underline{U}}{\underline{I}} = \frac{U \cdot e^{j\varphi_u}}{I \cdot e^{j\varphi_i}} = \frac{U}{I} \cdot e^{j(\varphi_u - \varphi_i)}$$

$$\underline{Z} = R + jX = \frac{\Delta \underline{U}}{-\Delta \underline{I}} = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1}$$

$$|\underline{Z}| = \frac{|U_N - U e^{j(\varphi_u - \varphi_i)}|}{|\underline{I}|}$$

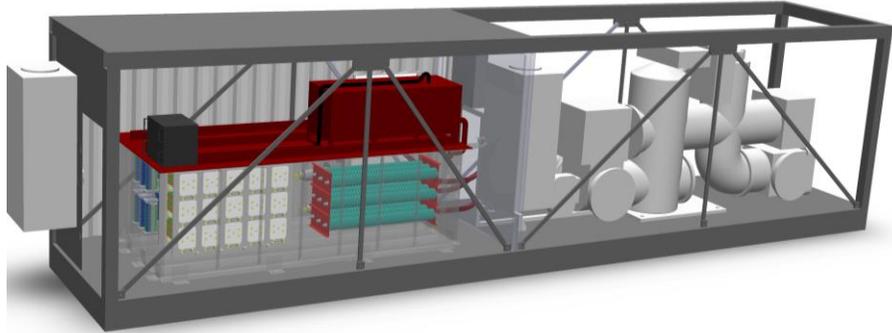


Quelle: M. Jordan, „Untersuchung von Methoden zur Identifikation der zeit- und frequenzabhängigen Netzimpedanz“, Dissertation, Hamburg 2016

$$\underline{U}_h = \underline{I}_h \cdot \underline{Z}_N$$

Netzimpedanzmessgeräte der HSU

110-kV-Messcontainer



20-kV-Messcontainer



Bildquelle: M. Jordan, „Untersuchung von Methoden zur Identifikation der zeit- und frequenzabhängigen Netzimpedanz“, Dissertation, Hamburg 2016

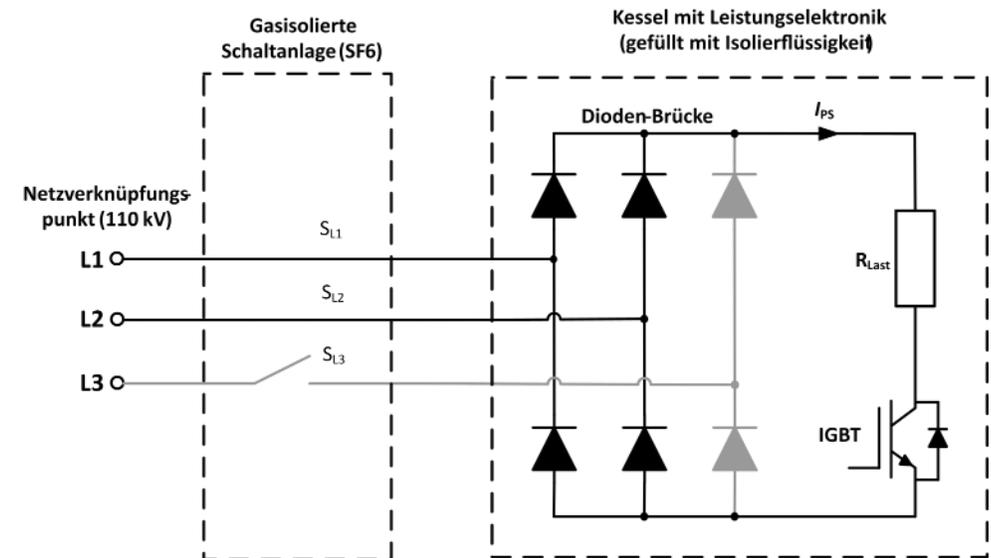
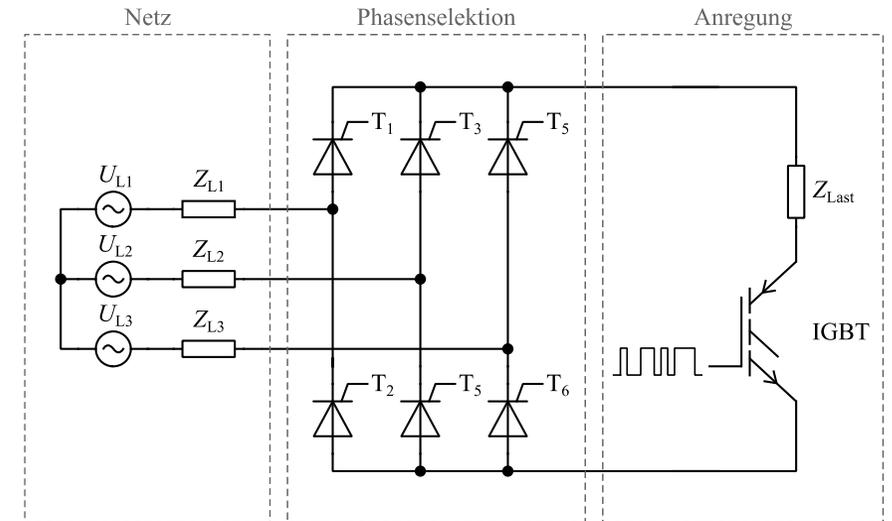


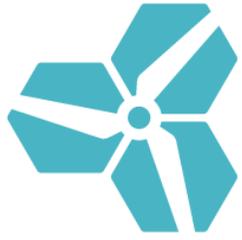
Technische Daten ONIS 20 kV	Wert
Nennspannung	10 oder 20 kV
Maße (BxTxH)	3,6 m x 3,6 m x 2,5 m
Gesamtgewicht	ca. 3600 kg
Anregeleistung max.	2 MW
Anregewiderstand	1 ... 10 kΩ (einstellbar)
Maximaler Stromamplitude (pulsförmig)	100 A
Frequenzbereich	DC - 150 kHz

Technische Daten ONIS 110 kV	Wert
Nennspannung	110 kV
Maße (BxTxH)	2,5 m x 2,5 m x 12,2 m
Gesamtgewicht	ca. 26 t
Anregeleistung	max. 22 MW
Anregewiderstand	1 kΩ
Bemessungsstrom	110 A
Frequenzbereich	DC - 50 kHz

Elf Veröffentlichungen von sieben beteiligten Mitarbeitern über den Projektzeitraum

- Dreiphasiges System, Schleifenimpedanzen
- Modellbildung aus Messergebnissen
- Verfahrensentwicklung
- Berücksichtigung der Zeitabhängigkeit der Netzimpedanz
- Einfluss höherer Frequenzbereiche > 2 kHz, > 9 kHz
- Genauigkeitsklassen





NEW 4.0
WISSENSCHAFTS
KONGRESS

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

NEW 4.0

Norddeutsche EnergieWende



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

www.new4-0.de