

Application Note

NEO PQ8000H – Die Analyse von Supraharmonischen Emissionen kann so einfach sein

Einleitung	1
Supraharmonische	3
Auswirkungen auf das Stromnetz	5
Wichtigkeit von Messungen.....	6
Weitere Messeffekte	9
Netzimpedanz	11

Einleitung

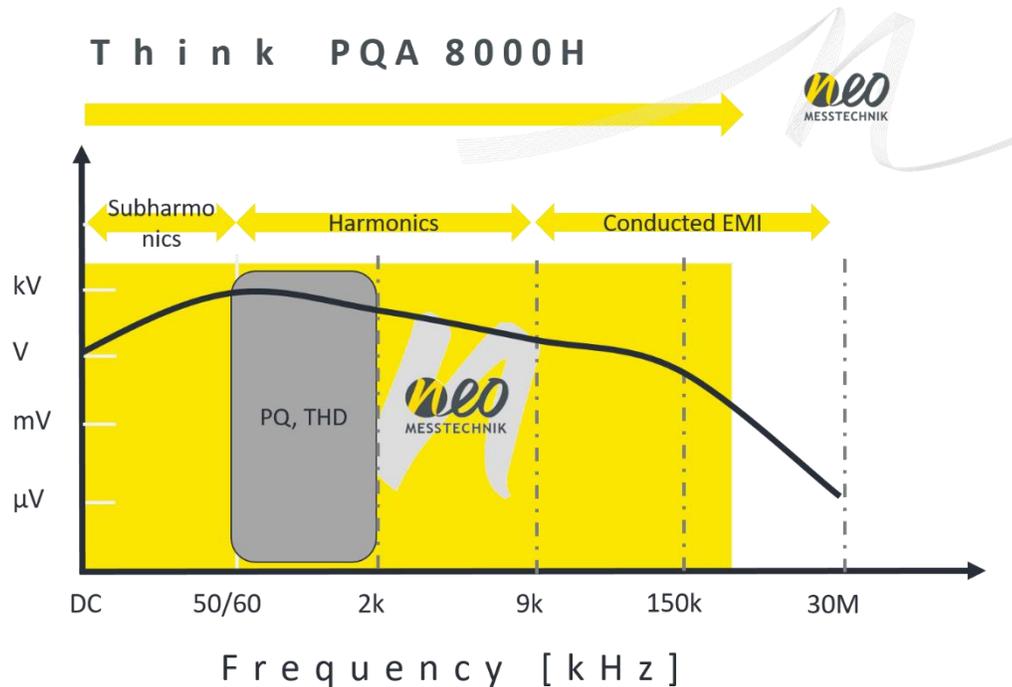
Die Netzqualitäts-Analyse endet nicht bei der 50. Harmonischen. Emissionen im Frequenzbereich von 9 kHz bis 150 kHz sind Quellen für elektromagnetische Störungen verschiedener elektrischer Geräte. Mit dem richtigen Messausrüstung – dem NEO PQA 8000H, gestaltet sich die Fehlersuche nach supraharmonischen Emissionen kinderleicht.

Keywords:

#PowerQuality #Supraharmonics #PQA8000H



Supraharmonische – Auf einen Blick



Problem?

Internationale und nationale Normen definieren oft nur Emissionsgrenzwerte bis zur 50. Oberschwingung. Obwohl ein Großteil elektrischer Geräte diese Grenzwerte einhalten wird, müssen wir Emissionen ab 2 kHz mehr Beachtung schenken, da moderne elektrische Geräte bereits mit Schaltfrequenzen von bis zu 500 kHz arbeiten.

Die Zunahme von Leistungselektronik und Wechselrichtern wird den Messbedarf für höhere Frequenzen und Supraharmonische weiter vorantreiben. Emissionen im Frequenzbereich von 9 kHz bis 150 kHz sind Quellen elektromagnetischer Störungen für verschiedene elektrische Geräte im Netz. Die meisten PQ-Analysatoren sind jedoch nicht in der Lage, mit dieser Entwicklung Schritt zu halten.

Lösung!

PQA 8000H. So simple. Intuitive Software. Leistungsstarke Messung und Analyse. Die Fehlersuche von supraharmonischen Emissionen kann so einfach sein.

Kontaktieren Sie NEO Messtechnik

sales@neo-messtechnik.com

+43 2642 20301

Supraharmonische

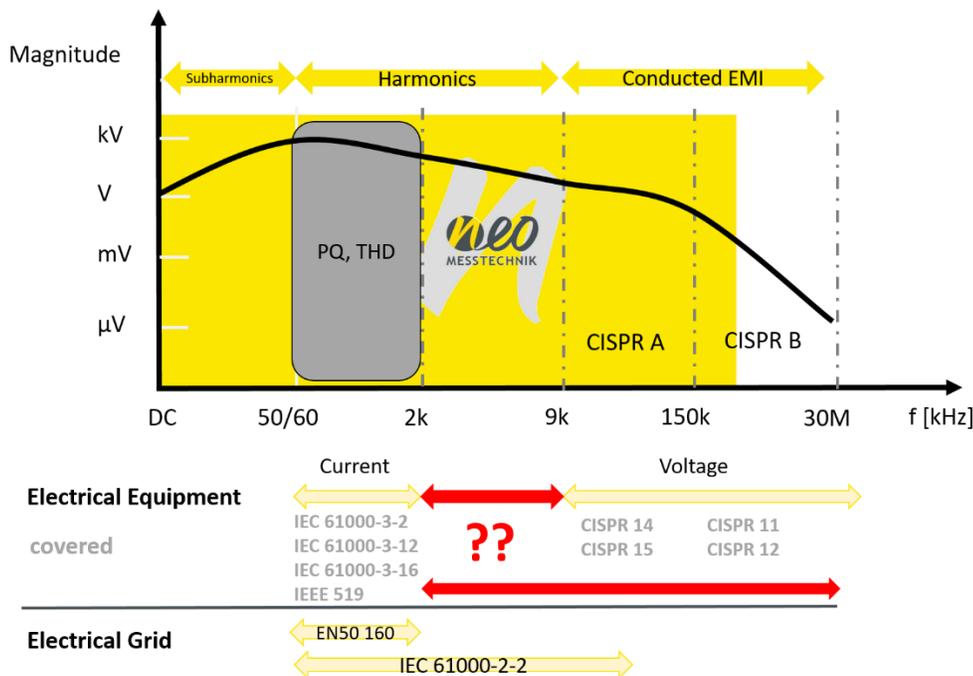
Analyse über die 50. Harmonische hinaus

Auch wenn die Spezifikationen vieler PQ-Analyzer und Monitore versuchen, Sie vom Gegenteil zu überzeugen - wir können Ihnen **mit Sicherheit** versichern, dass die Netzqualitäts-Analyse nicht bei der 50. Oberwelle endet. aufhört. Ganz im Gegenteil beginnen in diesem höherfrequenten Bereich die wirklichen Herausforderungen.

Die Abtastfrequenz sollte stets mindestens doppelt so hoch sein wie der Wert des zu erwartenden Messsignals. Gemäß IEEE 519 war man mit der Analyse bis zur 50. Oberwelle immer auf der sicheren Seite. Dieses Betrachtungsfenster ist jedoch nicht mehr zeitgemäß und lässt den Bereich jenseits von 2 kHz außer Acht.

Definition

Supraharmonische sind Spannungs- und Stromemissionen im Frequenzbereich oberhalb von 2 kHz (bis zu 150 kHz oder sogar 500 kHz). Bis 2030 werden etwa 80 % aller elektrischen Verbraucher elektronisch an das Netz angeschlossen sein. Diese Entwicklung verspricht auf der einen Seite eine große Effizienzsteigerung, im Gegenzug verlangt die Emissionserhöhung im höheren Frequenzbereich erhöhten Mess- und Analysebedarf von unserer Seite.



Zurzeit definieren internationale und nationale Normen oft nur Emissionsgrenzwerte bis zur 50. Oberschwingung. Obwohl ein Großteil elektrischen Geräte diese Grenzwerte einhalten

Application Note

wird, müssen wir Emissionen ab 2 kHz mehr Beachtung schenken, da moderne elektrische Geräte bereits mit Schaltfrequenzen von bis zu 500 kHz arbeiten.

Keine Normen. Keine Probleme?

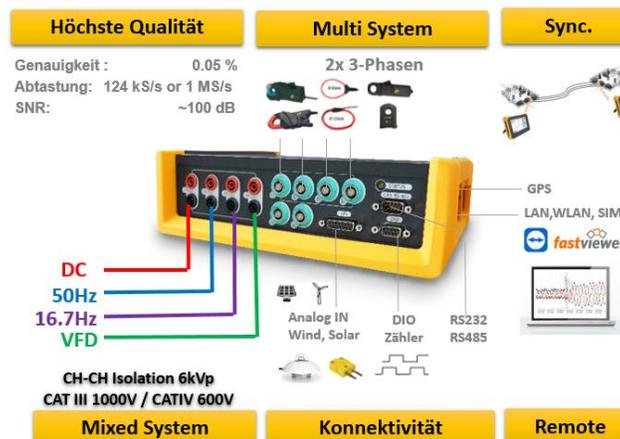
Die Zunahme von Leistungselektronik und Wechselrichtern wird den Messbedarf für höhere Frequenzen und Supraharmonische weiter vorantreiben. Emissionen im Frequenzbereich von 9 kHz bis 150 kHz sind Quellen elektromagnetischer Störungen für verschiedene elektrische Geräte im Netz. Die meisten PQ-Analysatoren sind jedoch nicht in der Lage, mit dieser Entwicklung Schritt zu halten.

PQA 8000H – Das Referenzmessgerät zur Analyse von Supraharmonischen

- FFT Analyse bis zu 500kHz in 2kHz Bändern (gemäß des internationalen Standards IEC61000-4-30)
- Scope View mit 1MS/s
- 4x Spannungsmessung / bis zu 8x Strommessung
- Anzeige und Aufnahme des digitalen PLC Datenstreams

Alle Daten werden vollständig synchron mit demselben Zeitstempel erfasst.

Natürlich können auch alle Standard-PQ-Parameter berechnet werden (Harmonische, Interharmonische, Unsymmetrie, THD, Resonanzen, Phasenwinkelsprünge usw.)



Auswirkungen auf das Stromnetz

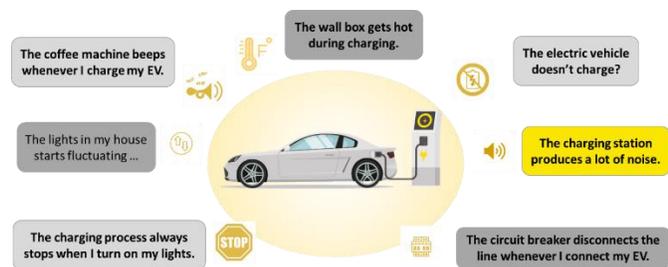
Supraharmonische verursachen Probleme und Ausfälle von elektrischen Geräten in unterschiedlichster Art und Weise:

- Geräusche
- Thermische Belastung, Alterung elektrischer Geräte
- Störungen anderer elektrischer Geräte
- Dämpfung/Abweichungen der PLC-Signale



Je näher die elektrische Ausrüstung an der Emissionsquelle liegt, umso höher sind die Störungen. Ladestationen für Elektrofahrzeuge (EV) arbeiten heutzutage mit Schaltfrequenzen bei etwa 20 bis 40 kHz, während induktives Laden bereits bei 80 bis 90 kHz liegt.

Bei EV-Ladestationen berichten Kunden von Geräuschemissionen, Ausfälle anderer elektrischer Geräte (u.a. Pieptöne von Kaffeemaschinen) oder thermische Belastungen (Heizung) feststellen.



Mit anderen Worten führen Supraharmonischen zu einer Verschlechterung der Netzqualität und einer Verzerrung der PLC von Smart-Metern. Bereits kleine Störungen in diesem Frequenzbereich können die PLC-Signalübertragung beeinflussen und machen sie daher zu einem wesentlichen Bestandteil der PQ-Analysen.

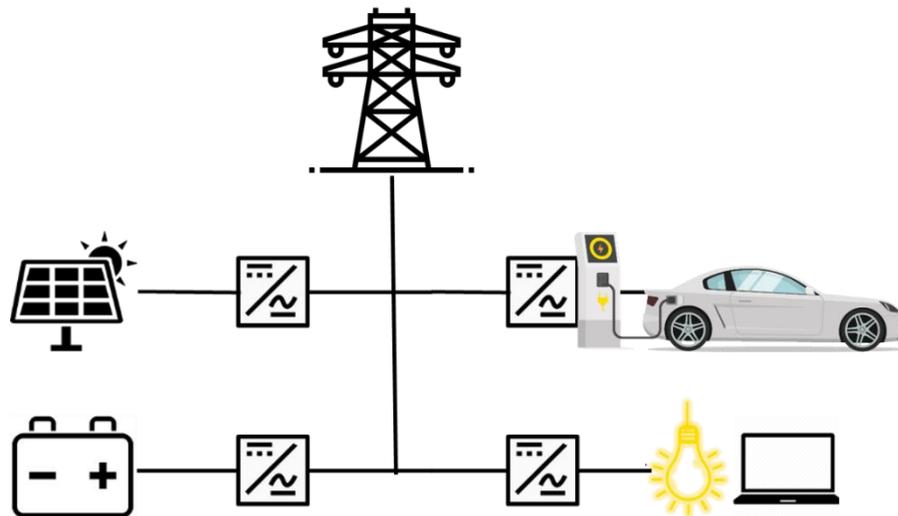
Application Note

Höhere Frequenzen breiten sich stärker an der Außenseite eines Leiters aus und führen zu einem geringeren effektiv nutzbaren Leitungsquerschnitt und damit zu einem höheren Widerstand.

Auswirkung von Supraharmonischen

- Ladeunterbrechungen von EV's
- Fehlfunktionen von Kaffeemaschinen
- Ausfälle von Smart Metern (Messfehler)
- Ausfall der Smart-Meter-Kommunikation (PLC)
- Pfeifende Induktionsplatten
- Störung von LED-Treibern, Schwankungen im Licht

Beispiel: Quellen/Senken Supraharmonischer Emissionen



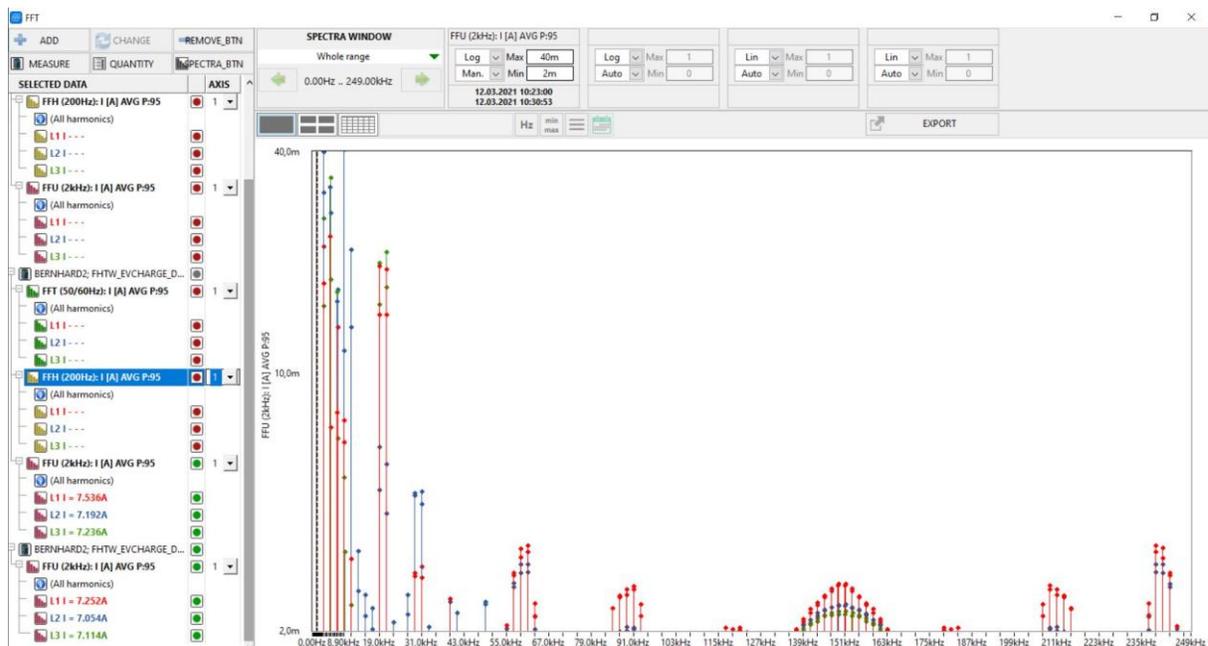
Bedeutung von Messungen

Langzeitmessungen und dynamische Auswertungen

Durch 1min- und 10min-Mittelwerte können Aussagen über die thermische Belastung gemacht werden und um eine normative Bewertung innerhalb der Grenzwerte vorzunehmen.

Der NEO Vorteil

Mit dem PQA 8000H können Sie verschiedene Mittelungsintervalle wählen, beginnend mit 10 Periodenwerten.



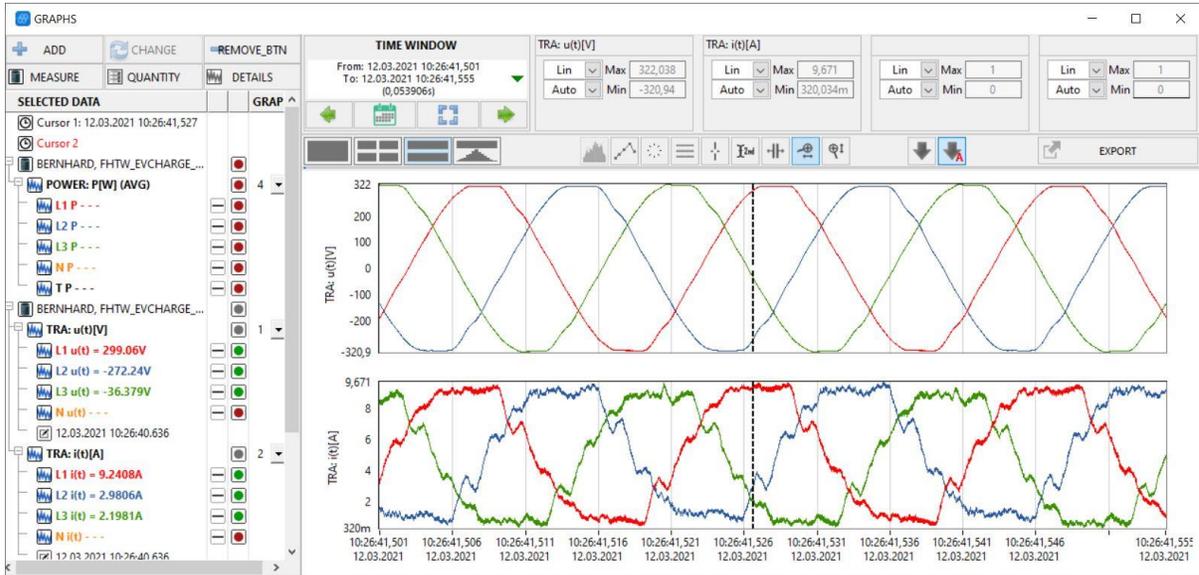
Kurzzeitige Störungen (sog. Sub-Cycle-Phänomene) helfen u.a. bei der Ermittlung von Funktionsstörungen und Geräuschemissionen.

Der NEO Vorteil

Mittels Hüllkurventrigger ermöglicht der PQA8000H die Erkennung von hochfrequenten Kurzzeitstörungen und die Analyse des Sub-Cycle-Verhaltens.



Application Note



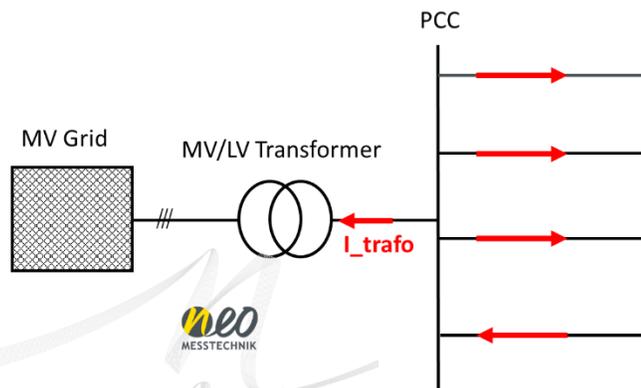
Wichtigkeit der Strommessung

Die meisten Messgeräte messen nur die Spannung und können damit keine Hinweise auf die Quelle oder Senke von Supraharmonischen geben. Die reine Spannungsmessung hilft nur bedingt bei der Problemerkennung am Anschlusspunkt und bei normativen Bewertungen, z.B. nach IEC 61000-2-2.

Der NEO Vorteil – Multi-Kanal Strommessung

Der PQA 8000H ermöglicht die Messung von bis zu 8 Stromkanälen und ermöglicht die Messung und Analyse von Supraharmonischen.

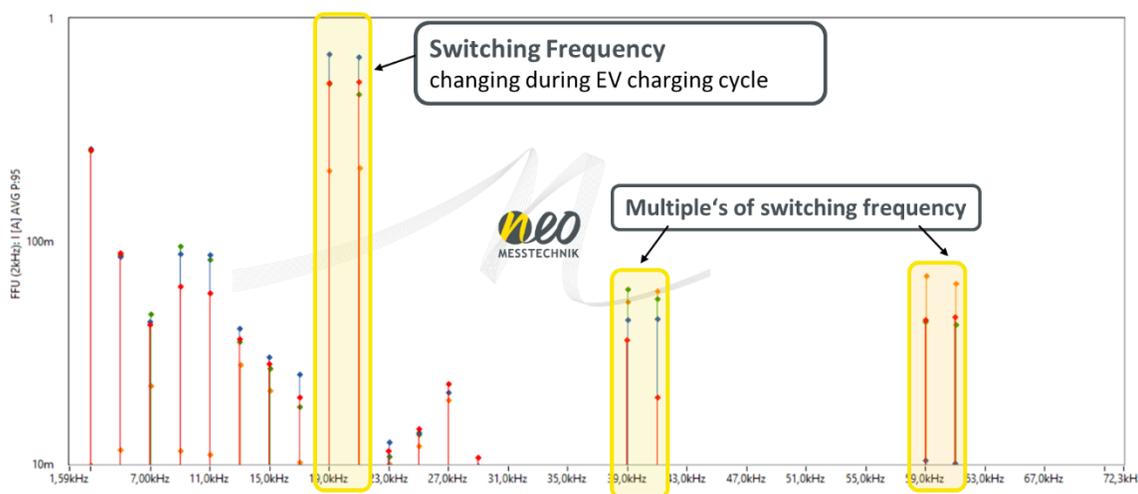
- Wohngebäude mit 20 Wohnungen und mehrkanaligen Messungen zur schnellen Bestimmung der Störquelle und -senke.



Weitere Messeffekte

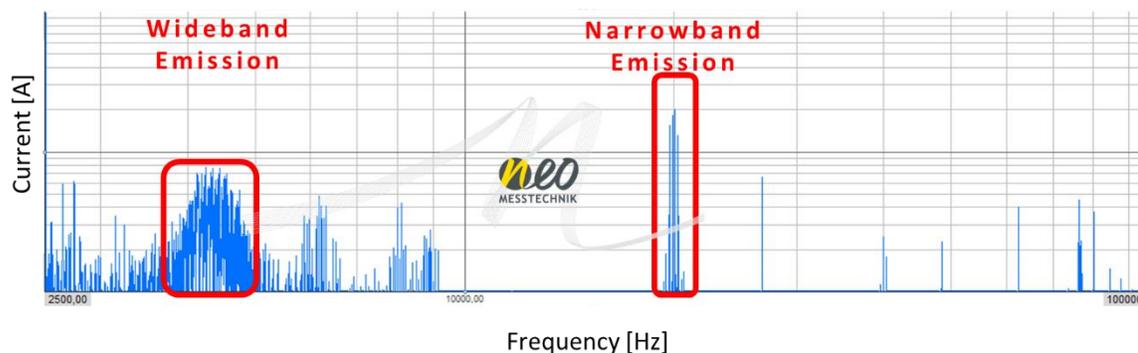
Variable Schaltfrequenzen

Schaltfrequenzen dürfen nicht als konstant betrachtet werden. Bei einzelnen EV-Ladegeräten haben wir beobachtet, dass die Schaltfrequenz während eines Ladevorgangs von etwa 35 kHz auf 38 kHz variiert wurde. Diese Variationen führen zu veränderten Netzimpedanzen, Filtereigenschaften und Emissionen, die zu supraharmonischen Bändern führen, die in der folgenden Abbildung dargestellt sind (Source: ElmoNetQ 2020).



Wideband / Narrowband emissions

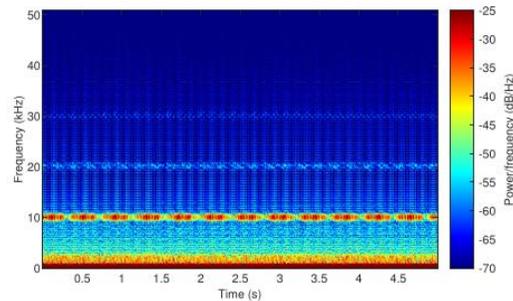
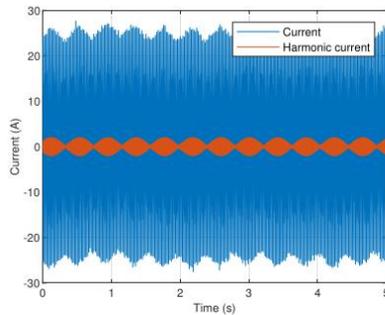
Je nach PE-Ausführung können breit- oder schmal-bandige Emissionen auftreten. Während schmal-bandige Emissionen auf ein Frequenzband, z. B. die Schaltfrequenz von 2 kHz, zentriert sind, zeigen sich breitbandige Emissionen in mehreren Frequenzbändern.



Application Note

Frequency Beating

Werden verschiedene Geräte desselben Typs (d. h. derselbe Umrichter) nahe zueinander angeschlossen, können Wechselwirkungen auftreten (mehrere PV-Wechselrichter, mehrere EV-Ladestationen). Oberschwingungen können sich periodisch abschwächen (Wechsel von +3A auf -3A innerhalb von Millisekunden bis Sekunden). Dies liegt daran, dass sich die Schaltfrequenzen mehrerer Geräte vom gleichen Typ nie gleichen (unvermeidliche Unterschiede aufgrund des Herstellungsprozesses ... z. B. Schaltfrequenz von 16,001 kHz und 16,003 kHz). Dies kann zu RCD-Auslösungen, Rauschen etc. führen.



Slangen, Wijk, Cuk, Cobben (2020) The Propagation and Interaction of Supraharmonics from Electric Vehicle Chargers in a Low-Voltage Grid

Frequenz Intermodulation

Die Frequenzintermodulation ähnelt dem Frequency Beating Effekt, aber in diesem Fall liegt der Unterschied zwischen den Schaltfrequenzen im kHz-Bereich. Dies führt zu zusätzlichen supraharmonischen Komponenten um die Schaltfrequenzen und deren Vielfache.

Herausforderungen für Simulationen

Hier sehen sich Ingenieure einer Vielzahl von unsicheren Größen im höherfrequenten Bereich, von der Erzeugung bis zum Verbrauch, konfrontiert, der Gegenstand von Forschung und Entwicklung ist:

- Unklares Dämpfungsverhalten von HV/LV-Transformatoren
- Niederspannungskabel ohne Abschirmung (Bestimmung der Leitungskapazität gegen Erde fast unmöglich)
- Genaue Kenntnis der Leistungselektronik auf Verbraucher-/Erzeugerseite notwendig (Schaltfrequenzen, Impedanzen)
- Unterschiedliche Filtereigenschaften der Leistungselektronik
- Unterschiedliche Schaltfrequenzen von Wechselrichtern

Netzimpedanz

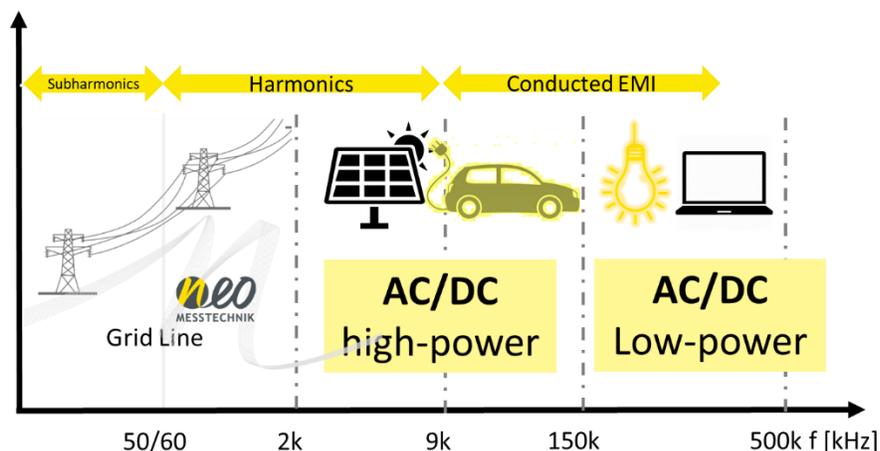
Die Messung der frequenzabhängigen Netzimpedanz erlaubt Rückschlüsse auf die Ausbreitung und Verteilung der Supraharmonischen (Absolut-Wert und Winkel) und die Bestimmung, wie diese Impedanzänderung durch den PE (Verbraucher Erzeuger) verursacht wird.

- Quellen-Senken Modell:
 - PE-Gerät Senke (Fernseher) für einen nahegelegenen Aussender der Störung (z.b. EV oder PV)
- Winkelmessung wichtig
 - Realteil negative → Resonanz, Erhöhung Höher-Frequenter (sehr selten)
 - Realteil positive → Abnahme Höher-Frequenter

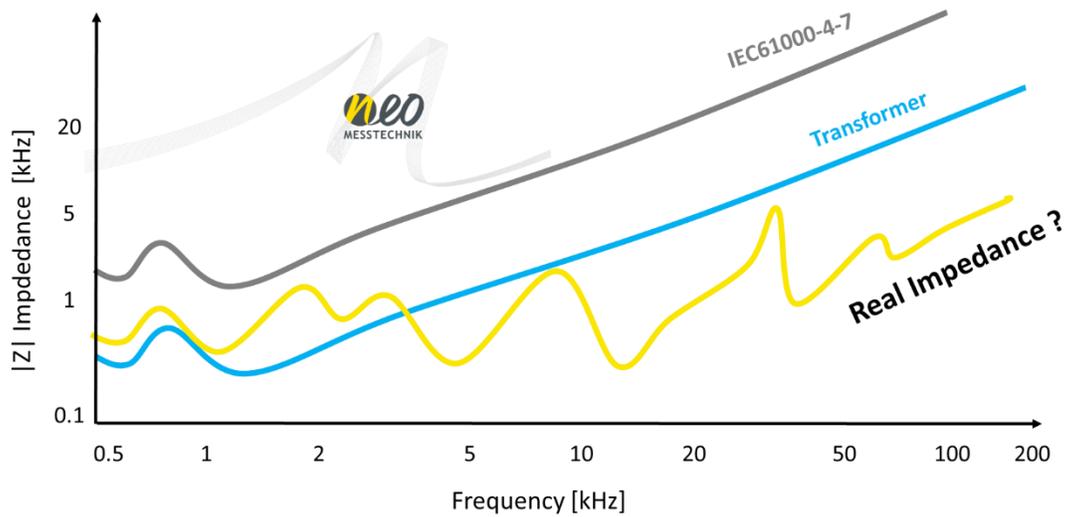
Während die niederfrequente Netzimpedanz hauptsächlich von Stromleitungen bzw. Transformatoren beeinflusst wird, wird die hochfrequente Impedanz hauptsächlich von den angeschlossenen Geräten bestimmt.

Segmentierung Netzimpedanz

- Bis zu 2 kHz:
 - Transformator / Verteilnetz
- 2 kHz – 150 kHz:
 - AC/DC Wandlung mit EMV Filter, große Leistung (PV, ESS, EV)
- 150 kHz – 500 kHz:
 - AC/DC Wandlung mit EMV Filter, geringe Leistung (LED, Ladegeräte)
 - Grund: höhere Resonanzfrequenz der Filter (Vermeidung RCD tripping)



Netzimpedanz-Messung

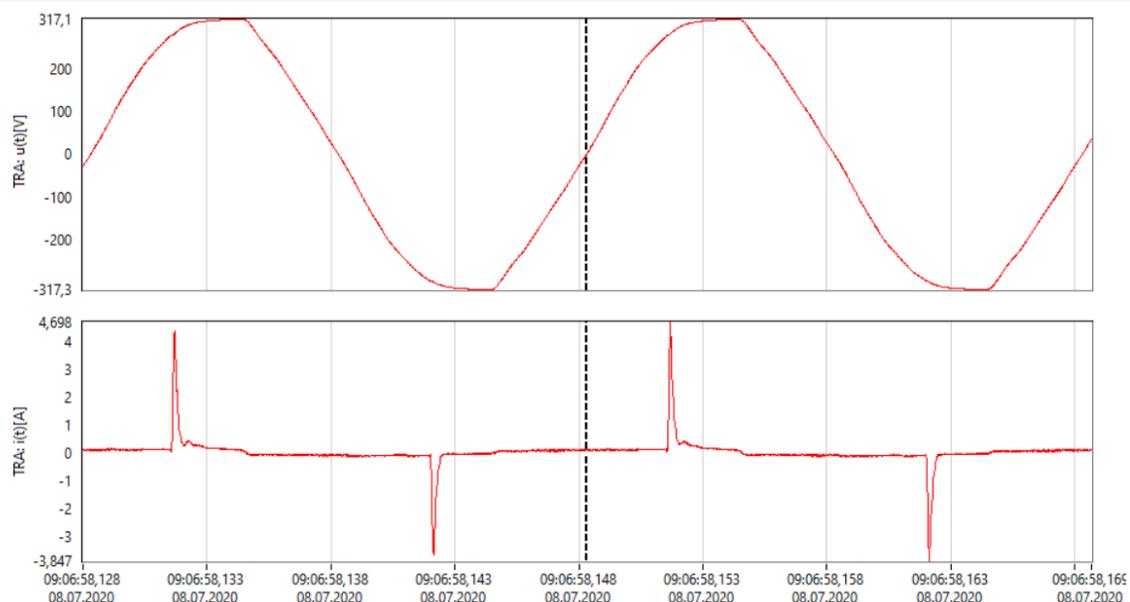


Einfluss Geräteimpedanz

Die hochfrequente Netzimpedanz variiert zwischen 10Ω und 200Ω . Obwohl die Geräteimpedanzen so hoch wie möglich sein sollten, verringern niedrige Impedanzwerte aufgrund der höheren Transformatorimpedanz die PLC-Signale.

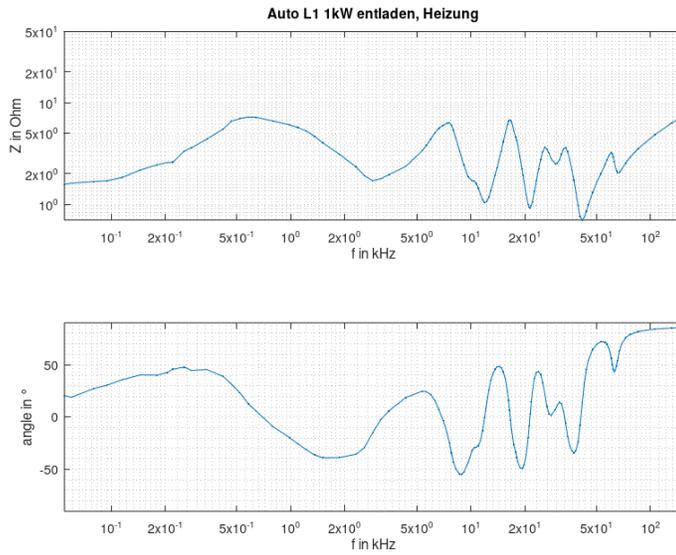
Sondermessung SUB-CYCLE-Impedanz

Diese Impedanz dient zur Ermittlung von Störungsänderungen während eines Netzfrequenzzyklus aufgrund von nichtlinearen Verbrauchern, Generatoren, Stromspitzen im Winkel von etwa 90° .



Application Note

Breitbandige Netzimpedanzmessung bis 200kHz



Subcycle Impedanz

