

6 Netzurückwirkungen

6.1 Allgemeines

Grundsätzlich sind alle von den Erzeugungsanlagen verursachten Netzurückwirkungen zu beurteilen. Netzurückwirkungen beeinträchtigen die Qualität der Versorgungsspannung, deren Merkmale in DIN EN 50160 festgelegt sind. Netzurückwirkungen treten auf als höherfrequente Anteile der Netzspannung, als Abweichungen des Effektivwertes, Abweichungen von der Symmetrie in mehrphasigen Systemen und Änderungen der Netzfrequenz. Spannungseinbrüche und Spannungsausfälle sowie Überspannungen beeinträchtigen ebenfalls die Spannungsqualität, zählen aber nicht zu den Netzurückwirkungen. Netzurückwirkungen können eingeteilt werden in lokale Phänomene und globale Phänomene. Lokale Phänomene sind:

- Oberschwingungen
- Zwischenharmonische
- Spannungsschwankungen als Oberbegriff für Spannungsänderungen und Spannungsänderungsverläufe
- Flickerstärke, kurz Flicker
- Unsymmetrie
- Kommutierungseinbrüche

Diese lokal wirkenden Arten der Netzurückwirkungen treten an unterschiedlichen Stellen und Spannungsebenen des Netzes in unterschiedlicher Höhe auf, Abhilfemaßnahmen zur Verringerung der Netzurückwirkungen und damit zur Verbesserung der Spannungsqualität können lokal durchgeführt werden, sie wirken am Anschluss- bzw. Verknüpfungspunkt und auch in der elektrisch nahen Umgebung.

Von den lokalen Störphänomenen zu unterscheiden ist das globale Störphänomen der Frequenzschwankung, die im quasi-stationären Zustand an allen Stellen und in allen Spannungsebenen des Verbundnetzes identisch ist. Frequenzschwankungen

können durch globale Maßnahmen verringert werden, sie wirken dann im gesamten Netz.

Detaillierte Darstellungen zu Entstehung, Bewertung und Begrenzung von Netzurückwirkungen findet man in [12], [13] und [14].

6.2 Oberschwingungsspannungen und zwischenharmonische Spannungen

Oberschwingungsspannungen als ganzzahlige Vielfache der netzfrequenten Spannung sind Erscheinungsformen, die verursacht werden durch Geräte, Betriebsmittel und Anlagen mit

- netzsynchronem Schalten durch Geräte der Leistungselektronik (netzgeführte Stromrichter) wie Gleichrichteranlagen und Stromrichterantriebe,
- nichtlinearer Kennlinie wie Transformatoren, Spulen mit Eisenkern, Motoren, Gasentladungslampen, Induktions- und Lichtbogenöfen,
- leistungselektronischer Ausrüstung von Erzeugungsanlagen wie z.B. PV-Anlagen, Windenergieanlagen u.ä.,
- netzsynchronem Schalten durch Geräte der Konsum- oder Massenelektronik wie Fernsehgeräte, Kompaktleuchtstofflampen, IT-Geräte.

Bild 6.1 zeigt den Verlauf der 5. und 7. Oberschwingungsspannung in einem Mittelspannungsnetz. Zu bemerken ist der starke Anstieg der Oberschwingungspegel in den Abendstunden sowie am Wochenende, bedingt durch den vermehrten Einsatz von Konsumelektronik und Beleuchtungseinrichtungen sowie durch die verminderte Netzdämpfung.

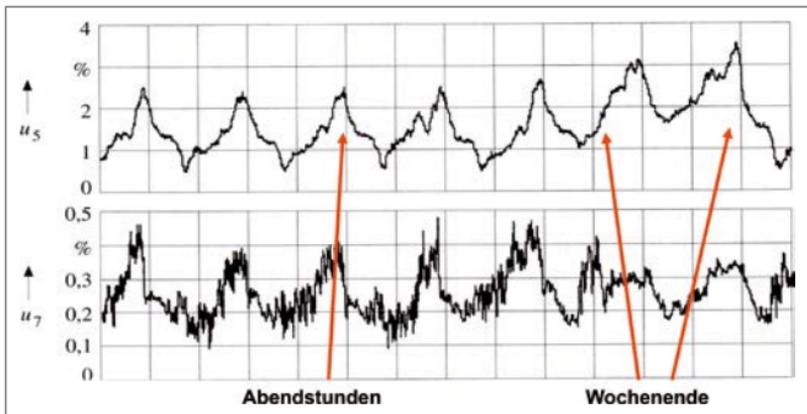


Bild 6.1 Verläufe von Oberschwingungsspannungen in einem 10-kV-Netz während einer Woche

Zwischenharmonische Spannungen sind nicht ganzzahlige Vielfache der Netzfrequenz und werden u.a. hervorgerufen durch:

- nicht netzsynchrones Schalten durch Geräte der Leistungselektronik (selbstgeführte Stromrichter) wie Stromrichterantriebe,
- zeitlich nicht exakt synchronisierte Zündimpulse der Leistungselektronik,
- Unsymmetrien von Bauteilen bei Stromrichterschaltungen,
- Schwingungspaketsteuerungen,
- Direktumrichter mit und ohne Zwischenkreis,
- Lichtbogenöfen und Widerstandsschweißmaschinen,
- läufergespeiste (doppeltgespeiste) Asynchronmotoren im Bereich der Antriebstechnik
- läufergespeiste (doppeltgespeiste) Asynchrongeneratoren bei Erzeugungsanlagen.

Bild 6.2 zeigt das zwischenharmonische Spektrum der Ströme ohne Oberschwingungen, gemessen an einem doppeltgespeisten Asynchrongenerator einer Windenergieanlage ($S_A = 2 \text{ MVA}$; $S''_{k,VP} = 58 \text{ MVA}$; $U_n = 10 \text{ kV}$). Der Messwert für 181,25 Hz kennzeichnet ein Rundsteuersignal, welches während

der Messung auftrat. Die zwischenharmonischen Ströme bleiben, bezogen auf den Grundschwingungsstrom, kleiner als 1%.

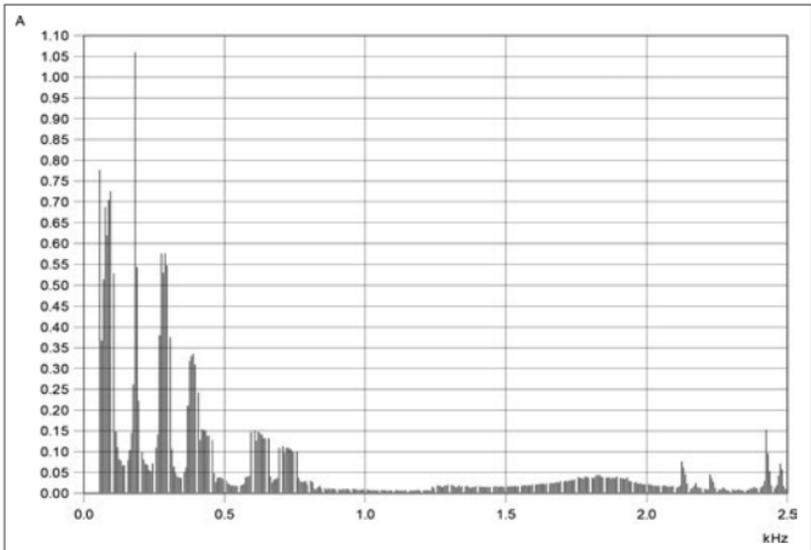


Bild 6.2 99%-Perzentile der zwischenharmonischen Ströme einer Windenergieanlage (Messwerte mit Genehmigung von Windtest Grevenbroich)

Klassifizierungskriterien für Oberschwingungen und Zwischenharmonische sind:

- Ordnungszahl der Schwingung, berechnet als Verhältnis der jeweiligen Frequenz zur Frequenz der Grundschwingung,
- Amplitude und Phasenlage der Schwingung bezogen auf die Grundschwingung, bei zeitlichen Betrachtungen ausgedrückt durch Verteilungsfunktionen, Gleichphasigkeitsfaktor u.a.,
- Verzerrungsfaktor THD, teilgewichteter Verzerrungsfaktor PWhd, Oberschwingungsgehalt für Spannung und Strom als bewertete Summe aller Oberschwingungen und Zwischenharmonischen.

Oberschwingungen und Zwischenharmonische stellen unter den Aspekten der großen Verbreitung der Konsum- und Kom-