

Stromüberschwingungen in Verteilnetzen

Studiengang: Master of Science in Engineering | Vertiefung: Energy and Environment
Betreuer: Prof. Michael Höckel
Experte: Dr. Andreas Beer (Alevar GmbH)

Die Anzahl nichtlinearer Lasten im Netz nimmt stetig zu. Die emittierten Stromharmonischen dieser Lasten können erhebliche Auswirkungen auf die Spannung haben und eine Zusatzbeanspruchung der Netzelemente bewirken. Im Rahmen dieser Masterarbeit wird die Ausprägung der Stromharmonischen in Mittelspannungsnetzen und Trafostationen untersucht und statistisch ausgewertet. Die Auswertung zeigt relevante Phänomene, wie ein saisonales Verhalten und eine Zunahme der Oberschwingungen.

Ausgangslage und Ziele

Die von nichtlinearen Geräten erzeugten Stromüberschwingungen sind ein sehr wichtiger Aspekt des Netzbetriebs. Die Auswirkungen dieser Stromemissionen wurden praxisnah in Verteilnetzen von zwei verschiedenen Netzbetreibern untersucht. Ein Netzbetreiber hat flächendeckend in seinen Trafostationen und Unterwerken Messgeräte ortsfest installiert, die eine Überwachung der Spannungsqualität ermöglichen. Der andere Verteilnetzbetreiber hat einen stark verzerrten Strom in einer Mittelspannungsleitung gemessen, der durch Stromüberschwingungen verursacht wurde. Basierend auf dieser Ausgangslage wurden für diese Arbeit folgenden Ziele definiert:

- Untersuchung der Langzeitmessungen (4 Jahre)
- Feststellung des aktuellen Zustands im Hinblick auf Stromüberschwingungen
- Untersuchung einer Stromverzerrung in einem Mittelspannungsnetz
- Untersuchung der Auswirkungen in den Niederspannungsnetzen und Identifizierung der Verzerrungsquelle

Vorgehen und Resultate

Die Langzeitmessungen wurden in Form einer Datenbank bereitgestellt. Mittels der Programmiersprache Python wurden die Daten visualisiert und analysiert. Die Messpunkte wurden ebenfalls klassifiziert, um einen Vergleich zwischen Wohn- und Industriegebieten, sowie zwischen Trafostationen und Unterwerken zu ermöglichen. Die Stromverzerrung in dem Mittelspannungsnetz wurde in drei aufeinanderfolgenden Messkampagnen untersucht. Die Messungen wurden zunächst im Mittelspannungsnetz und anschliessend in den angeschlossenen Trafostationen und Niederspannungsnetzen durchgeführt.

Die statistische Analyse der Langzeitmessungen hat gezeigt, dass die gesamte harmonische Stromverzerrung (THDi) eine starke Saisonalität aufweist. Der Median aller Werte variiert zwischen 12 % (Winter) und 20 % (Sommer). Diese Veränderung kann einerseits durch den höheren Anteil an ohmschen Lasten

im Winter begründet werden. Ausserdem fliesst im Sommer auf Grund der lokalen Energieproduktion durch PV-Anlagen weniger Grundschwingungsstrom in den Leitungen zwischen dem Mittel- und Niederspannungsnetz, wenn die PV-Energie auch lokal konsumiert wird. Bezüglich der Stromüberschwingungen wurde der Wertebereich und das Verhalten des 95%-Wochenwerts der einzelnen ungeraden Oberschwingungen dargestellt. Die Pegel der Oberschwingungen sinken grundsätzlich mit zunehmender Ordnungszahl. Ein Maximalwert von 45 Ampère wurde für die dritte Stromharmonische festgestellt. In Bezug auf die Grundschwingung beträgt der maximale Wert 110 %. Der 95%-Wert liegt bei 29 A, das heisst 21 % der Stromgrundschwingung. Die Oberschwingungen fünfter und siebter Ordnung liegen hingegen unter 21 bzw. 15 A, was 16 % und 14 % der Grundschwingung entspricht. Über die ausgewerteten vier Jahre wurde eine Zunahme der Pegel bei allen Oberschwingungen beobachtet. Der Trend ist auf die Zunahme der nichtlinearen Lasten zurückzuführen. Bezüglich der Stromverzerrung im Mittelspannungsnetz wurde der verzerrte Abgang ermittelt. Er weist eine ähnliche Verzerrung auf wie die Einspeisung der Schaltkabine. Die Verzerrung ist besonders stark bei der fünften und der siebten Stromharmonischen. Die Messungen in den angeschlossenen Trafostationen zeigten, dass keine Grenzwerte der Spannungsqualität gemäss EN50160 verletzt werden. Darüber hinaus zeigen die Trafostationen sehr ähnliche Pegel der Stromüberschwingungen. Diese Werte stimmen ausserdem mit der statistischen Auswertung des ersten Teils dieser Arbeit überein. Die Schlussfolgerung ist, dass die Verzerrung nicht nur von einer Trafostation kommt, sondern sich durch die Summenwirkung aller Stationen ergibt.

Ausblick

Die Ergebnisse dieser Arbeit liefern eine gute Basis für das Verständnis der aktuellen Ausprägung von Stromüberschwingungen in Verteilnetzen. Diese Arbeit könnte mit weiteren Messungen in Industriegebieten und mit einer Analyse von Phasenwinkel und Kompensation erweitert werden.



Tyler Bacciarini
tyler.bacciarini@gmail.com