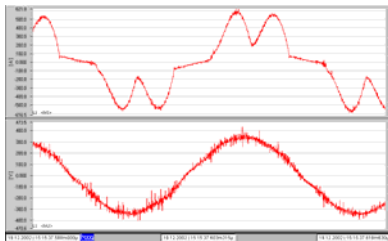


## Netzspannungsqualität im Fokus moderner Kompensationsmethoden

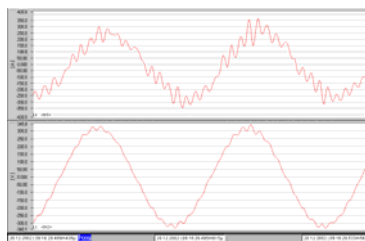
Der Trend zu immer leistungsfähigeren Antriebstechniken, befürwortet durch die stetige Entwicklung kostengünstiger und technologisch anspruchsvoller Leistungshalbleiter, fordert von der netzseitigen Energieversorgung Höchstleistungen, um die Erhaltung der benötigten Netzspannungsqualität zu gewährleisten. Die nichtlineare Stromaufnahme in Verbindung einer extremen Dynamik von modern geregelten Antrieben oder elektrischen Lasten verursachen nicht selten unzulässige Netzzrückwirkungen.

Die Folge: Die reine Sinusform der Netzspannung gehört der Vergangenheit an! Parallel angeschlossene Steuerungen oder elektronische Netzteile werden aufgrund unzureichender Netzspannungsqualität zerstört oder gehen in Störung. Ausfälle in der Produktion oder erhöhte Ausschussraten sind nur Beispiele für die Vielzahl der unbeliebten Folgen.

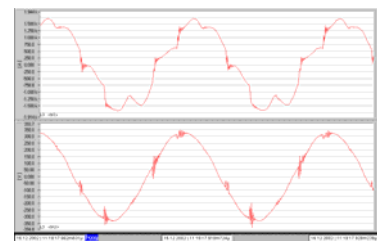
Nachfolgende Bilder 1 - 3 zeigen oszillographische Beispielmessungen von Netzspannungen und Stromverläufen, wo es jeweils zu erheblichen Störungen und Ausfällen kam.



**Bild 1:** oben Strom-, unten Spannungsverlauf  
Verzerrte Netzspannung verursacht durch die Taktfrequenz des Wechselrichters eines Frequenzumrichters



**Bild 2:** oben Strom-, unten Spannungsverlauf  
Verzerrte Netzspannung verursacht durch Resonanzverstärkung einer unverdrosselten Kompensation im Stromrichternetz



**Bild 3:** oben Strom-, unten Spannungsverlauf  
Mit Kommutierungseinbrüchen verzerrte Netzspannung verursacht durch Betrieb von zwei Stromrichtern

Typische elektrische Lasten, deren Betrieb zur Beeinträchtigung der Netzspannungsqualität führen kann:

- Stromrichter, USV-Anlagen
- Lichtbogenöfen, Mittelfrequenzöfen
- Frequenzumrichter
- Schweißmaschinen
- Pressen, Stanzen, Aufzüge
- Motoranlaufvorgänge
- EDV-Systeme
- Energiesparlampen
- Induktivitäten mit Eisenkern
- Windkraftanlagen, Photovoltaik
- ...

Typische Auswirkungen einer unzureichenden Netzspannungsqualität:

- Störungen in der Produktion
- Ausfall von EDV oder Steuerungen
- zerstörte Netzteile oder Glättungskondensatoren
- Notstrombetriebe funktionieren nicht
- Überhitzung von Neutralleitern, Kabeln und/oder Transformatoren
- Ausfall von Kondensatoren und Kompensationen
- Auslösen von Sicherungen und/oder Leistungsschaltern
- Spannungsänderungen und Lichtschwankungen (Flicker)
- Diskussionen mit dem Verteilungsnetzbetreiber (VNB, früher EVU)
- Netzunsymmetrien
- Nicht-sinusförmige Ströme
- ...

Früher konnte man schlichtweg die Kompensation der 50Hz Grundschiwungsblindleistung mittels Kondensatoren, verursacht durch die benötigte Magnetisierungsenergie von z.B. Motoren, Trafo's, Induktivitäten...

Mit der Entwicklung der ersten, mittels Halbleiter geregelten Antriebe schützte man die Kondensatoren durch Vorschalten von Antiresonanz- bzw. Schutzdrosseln gegen Oberschwingungen und verhinderte Netzresonanzen. Vereinzelt wurden auf dominante Oberschwingungsströme abgestimmte Filterkreise eingesetzt, um bereits eine Verbesserung der Netzspannungsqualität zu erzielen.

Heutzutage stehen mit der Entwicklung von z. B.:

- dynamischen Kompensationen,
- Aktivfiltern,
- Hybridfiltern,
- Flickerkompensationen,
- Nullleiterfiltern,
- Motoranlaufkompensationen,
- Tonfrequenzentstörfilter,
- Kommutierungsfilter,
- ...

eine Vielzahl moderner Kompensations- und Filtertechniken zur Verfügung. Sie haben neben der Kompensation der Grundschiwungsblindleistung die Verbesserung der Netzspannungsqualität durch Kompensation der Verzerrungsleistung oder Spannungsschwankungen zum Ziel, die durch nichtlineare Lasten oder hochdynamische Lastwechsel verursacht werden. Doch dem Endkunden ist allerdings mit der alleinigen Verfügbarkeit dieser Anlagen nur wenig geholfen.

Was sich auf dem Markt über Jahre hinweg als sinnvoll erwiesen hat, muss ja nicht gleich durch die modernsten Kompensationstechniken ersetzt werden. Die Erfahrung aus den letzten Jahren zeigt, dass sich eine gezielte Applikation von modernen Kompensationsmethoden in Verbindung mit der Nutzung bewährter herkömmlicher Techniken durchgesetzt hat und schlicht weg für den Endkunden ein noch bezahlbares und zufriedenstellendes Ergebnis bringt.

Beispielsweise kann es für einen Industriebetrieb sinnvoll sein ein Hochpassfilter am Transformator zu setzen, eine verdrosselte, herkömmlich regelnde Kompensation in der Niederspannungshauptverteilung neben einer dynamischen Kompensation dezentral an einer Maschine zu betreiben. Schlicht weg hätte man dem Industriebetrieb eventuell auch mit der Installation eines einzelnen Aktivfilters nur ein Produkt verkaufen können, um aber auch nur vielleicht eine ähnliche Wirkung zu erzielen. Zudem ist fraglich, ob die Investition mit ähnlichen Anschaffungs- und Betriebskosten hätte getätigt werden können. Häufig aber spielen andere Kriterien für die Investition einer netzverbessernden Kompensationsmaßnahme eine mit entscheidende Rolle, wie z.B. Platzbedarf der Kompensation, ein alternativer Netzausbau oder sogar der Wechsel des gesamten Produktionsstandortes.

Allein die erforderliche Berücksichtigung der notwendigen Kriterien, welche für die zulässige Strombelastung von Kondensatoren nach EN60831-1 zu beachten ist, führt zu dem Ergebnis, dass eine verdrosselte Kompensation noch lange kein Allheilmittel gegen Oberschwingungen ist, sondern sehr schnell durch diese überlastet werden kann. Auch eine verdrosselte Kompensation hat Grenzwerte für die maximal zulässige Verzerrung der Netzspannung durch Oberschwingungen. Daher sind die durchaus unterschiedlichen Herstellerangaben unbedingt zu beachten. Nicht selten fallen Kompensationen nach kurzer Betriebsdauer aus oder schalten aufgrund einer internen Oberschwingungsüberwachung einfach ab. Dies kann doch nicht der Sinn einer für die störungsfreie Produktion benötigten und teuer bezahlten netzverbessernden Maßnahme sein.

Die Praxis zeigt, dass Kompensationsmaßnahmen in jeglicher Hinsicht eine ordnungsgemäße Planung und Projektierung durch fundiertes Ingenieurwissen mit langjähriger Erfahrung erfordern. Eine richtig applizierte Kompensation ist heutzutage nicht mehr mit der Berechnung der erforderlichen Kompensationsleistung und der Empfehlung auf Verdrosselung erledigt. Im Vordergrund sollte die Verbesserung der Netzspannungsqualität in Verbindung mit der idealen Netzauslastung stehen. Insbesondere können durch sinnvolle Kombinationen von Kompensationstechniken bessere Ergebnisse bei durchaus geringeren Investitionskosten erzielt werden.

#### Autor:

Dipl. Ing. (FH) Manfred Daldrup (43) hat an der Fachhochschule Münster Elektrotechnik studiert und ist Geschäftsführer der Lambda Engineering GmbH & Co. KG; Ingenieurbüro für Spannungsqualität, Nottuln  
E-Mail: Manfred.Daldrup@lambda-engineering.de

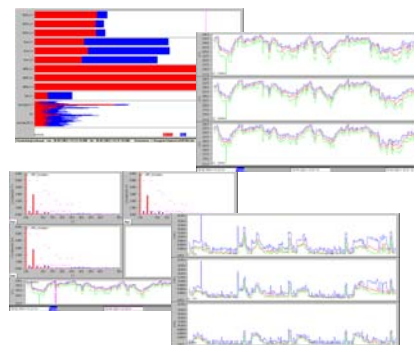


Bild 4: Auszug von Ergebnissen einer Netzanalyse

Bewährt hat sich die messtechnische Untersuchung der Netzverhältnisse als Grundlage zur Applikation der richtigen Kompensation. Zur Erfassung der aktuellen Netzverhältnisse stehen eine Vielzahl von Messgeräten für Oberschwingungs- und Leistungsmessungen zur Verfügung. Eine Messung ist im Handumdrehen aufgebaut und die Ergebnisse stehen per E-Mail schnell zur Verfügung (Bild 4). Doch nicht selten stellt sich anschließend die Frage: Netzanalyse und was dann? Oder: Wie viel Netzspannungsqualität ist nötig? Jetzt spielen viele Dinge eine entscheidende Rolle für die richtige Applikation einer netzverbessernden Maßnahme. Wie schnell wird aufgrund der Informationsflut das eigentliche Ziel der Kompensationsmaßnahme aus den Augen verloren? Die Bewertung der Messergebnisse kann nur unter Berücksichtigung der individuellen Netzsituation erfolgen. Hierzu sind weitere Daten zum Netzaufbau, bereits eingesetzter Kompensationen, der örtlichen Rundsteuerfrequenz, sowie Kenntnisse über mögliche Störquellen und zukünftige Erweiterungen unverzichtbar.

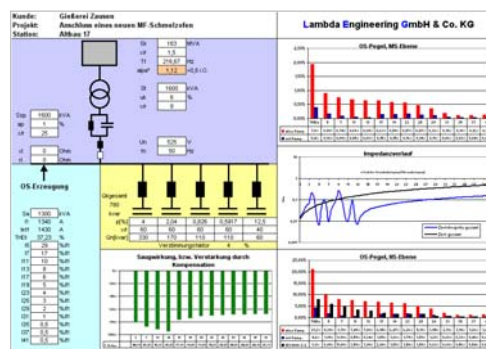


Bild 5: Simulationsprogramm für Oberschwingungen

Bei der Planung von neuen Anlagen und Betrieben sind Netzanalysen im Vorfeld nicht möglich. Um für diese Fälle Netzspannungsqualität zu planen, sind praktische Kenntnisse und Erfahrungen über nichtlineare Lasten in Verbindung mit der Entwicklung und Bedienung umfangreicher Simulationsprogramme (Bild 5) für die Projektierung von Kompensationsanlagen erforderlich.

Die kundenorientierte, ingenieurmäßige Planung von Kompensationsmaßnahmen ist in der heutigen Zeit unverzichtbar. Nur die richtige Applikation (Rezeptur) bringt den Erfolg, den der Endkunde benötigt. Nur so können die von den Herstellern entwickelten Kompensations- und Filtermaßnahmen ihr Ziel zur optimalen Übertragung und Verteilung elektrischer Energie unter Einhaltung der geforderten Netzspannungsqualität erreichen.