

Keine Chance für Dirty Power

FILTERSYSTEME GEGEN OBERSCHWINGUNGEN Je mehr Energiesparlampen, Computernetzteile und Antriebe mit Frequenzumrichtern eingesetzt werden, desto mehr belasten Oberschwingungen die Stromnetze sowohl in Fertigungshallen als auch Bürogebäuden. Sie sind oft verantwortlich für die Überhitzung von Neutralleitern, den Ausfall von Steuerungen und Computern sowie für Fehlfunktionen innerhalb von Maschinen und Anlagen.



AUF EINEN BLICK

OBERSCHWINGUNGEN UNERWÜNSCHT Sie treten im Verteilnetz auf, obwohl niemand sie haben will – etwa so wie Schmutz. Fachleute sprechen daher von einer »Verschmutzung« bzw. von »dirty power«

NACHTRÄGLICHE ABHILFE schaffen Filtersysteme, welche die Oberschwingungen kompensieren und so für ein sauberes und normkonformes Netz sorgen

Das Stromversorgungsnetz hat sich in den letzten Jahren drastisch verändert. Man spricht davon, dass es immer mehr durch Oberschwingungen »verschmutzt« wird. Diese entstehen vorwiegend beim Betrieb von elektronischen Geräten und Maschinen, Netzteilen und Umrichtern in Wechsel- und Drehstromnetzen. Oberschwingungen sind ganzzahlige Vielfache (sogenannte Harmonische) der Netzfrequenz. Sie werden entweder durch Schalthandlungen, durch das Anfahren großer Motoren und anderer Großverbraucher oder durch

Umrichter, Schaltnetzteile, Energiesparlampen, elektronische Vorschaltgeräte und USV-Anlagen verursacht. Sie alle verzerren die ursprüngliche Sinusform der Netzspannung, da sie nicht sinusförmige Ströme aufnehmen. Wenn heute ein Unternehmen eine Fertigungsanlage plant – ganz gleich, ob es sich um eine Produktionshalle oder eine Lackiererei handelt – dann werden üblicherweise bei fast jedem Antrieb Frequenzumrichter eingebaut. Dies führt zwar einerseits zu einer schnelleren, effizienten und energiesparenden Fertigung, andererseits entstehen im Netz immer mehr Oberschwingungen. Bisher kompensierte man diese Netzurückwirkungen bei Großverbrauchern mit verdrosselten Blindleistungsregelungsanlagen.

Insgesamt gesehen stellen Oberschwingungen für die Verteilnetze eine zusätzliche Belastung dar, die es in diesem Ausmaß zuvor nicht gab und für die unsere Netze auch nicht ausgelegt wurden. Besonders kritisch zu betrachten ist dabei die 5. Harmonische bei 250Hz, deren Anteil sich allein im öffentlichen Versorgungsnetz in den letzten 30 Jahren mehr als verdoppelt hat. Hinzu



Quelle: Frako

Bild 1: Passives Filtersystem

kommt, dass mit der Zunahme von dezentralen PV-Anlagen, Blockheizkraftwerken (BHKWs) sowie Wasser- und Windkraftanlagen sowie der sinkenden Zahl von Großkraftwerken in den Verteilnetzen immer weniger Kurzschlussleistung zur Verfügung steht. Diese wäre aber nötig, um die Oberschwingungen zu dämpfen. Die Folge ist eine zunehmende Oberschwingungsbelastung des Verteilnetzes.

Oberschwingungen selber eliminieren

Wenn schon die öffentlichen Verteilnetze mit Oberschwingungen belastet sind, wie sieht es dann in der Industrie selbst aus? Mit der Ein-



INFOS

Fachbeiträge zum Thema

Hartmann, H.: Reines Netz für Reinräume
»de« 10.2009 → S. 59ff.

Clausing, H.: Energie-Management bei einem Getränkehersteller
»de« 20.2008 → S. 82ff.

Sofic, D.: Oberschwingungen im Generator-Inselbetrieb – Oberschwingungen belasten Generatoren im Notstrombetrieb
»de« 21.2009 → S. 32ff.

Rittershausen, W.: Energieverbräuche sichtbar machen und auswerten – Visualisierungssoftware für das Energiemanagement
»de« 22.2014 → S.42ff.

führung von geregelten Antrieben in der modernen Automatisierungstechnik, Verbrauchern mit Schaltnetzteilen sowie unzähligen Energiesparlampen mit elektronischen Vorschaltgeräten wird besonders auch in der Industrie die Spannungsverlaufskurve extrem verzerrt. Sie weist hohe Oberschwingungsamplituden bis in den kHz-Bereich auf.

So kann es z. B. aufgrund des ungenauen oder sogar doppelten Nulldurchganges zu Netzeinbrüchen, Störungen an elektronischen Anlagen oder Ausfällen ganzer Produktionsanlagen und Beleuchtungseinrichtungen kommen. Es gab Beispiele, wo die Steuerelektronik von Maschinen und Anlagen gestört wurde, PCs, Aufzüge, Faxgeräte, Telefonanlagen versagten, Sicherungen und Leistungsschalter unkontrolliert auslösten oder Erdleitungen korrodierten. Außerdem verstärken Oberschwingungsströme die Probleme, die sich durch eine nicht EMV-gerechte Elektroinstallation sowieso ergeben können. Um Schäden von vornherein zu verhindern, fordern immer mehr Anlagenhersteller, Netzbetreiber und Energieversorger von ihren Kunden, dass sie selbst Sorge dafür tragen, dass die Netzqualität in deren Betriebsstätten nachweisbar den Normen EN 50160 und EN 61000 entspricht. Ansonsten übernehmen sie keine Gewährleistung für den störungsfreien Betrieb.

Die europäische Norm EN 50160 schreibt hierfür verschiedene Toleranzen für Oberschwingungen im Netz vor. Für die 5. Harmonische darf der Grenzwert der Oberschwingungsspannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen nicht mehr als 6,0% der Nennspannung betragen. Für die 7. Harmonische gelten 5,0% und für die 9. Harmonische 1,5%. Der Gesamtoberschwingungsgehalt (THD) der Nennspannung ist auf maximal 8,0% begrenzt.

Filter vermindern den Anteil an Oberschwingungen

Ohne Filtermaßnahmen lassen sich diese Oberschwingungen de facto nicht beseitigen. Dabei gibt es drei Varianten. Hat man viel Blindleistung und wenig Oberschwingungen, so hilft eine konventionelle **verdröselte Blindleistungskompensation**. Sie »saugt« jedoch nicht allzu viel an Oberschwingungen ab. Hat man wenig Blindstrom und viele Oberschwingungen, so hilft ein **passives Filtersystem** (Bild 1). Die flexibelste Lösung ist ein **aktives Filtersystem**, welches Oberschwingungen nahezu in Echtzeit eliminieren kann.

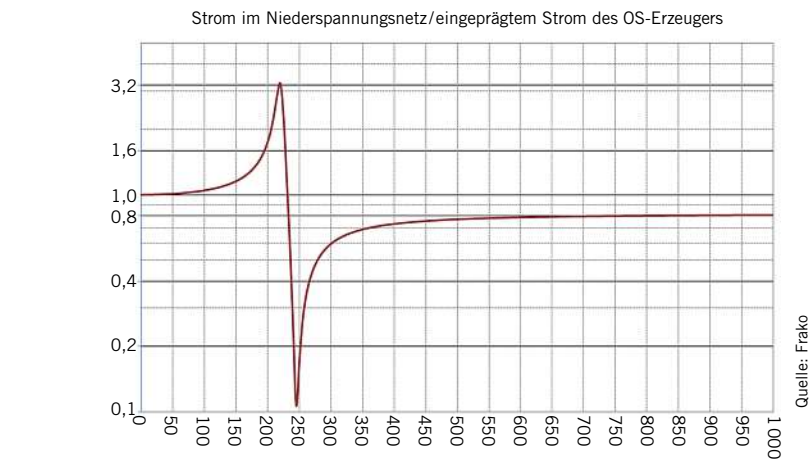


Bild 2: Saugwirkung eines passiven Filtersystems (fr=245 Hz)

Passive Filter für Standardsituationen

Besonders geeignet ist ein passives Filtersystem mit intelligenter Steuerung, wenn die zu kompensierenden Oberschwingungen einem typischen Muster folgen. So erhöht sich beispielsweise immer dann die 5. Harmonische, wenn 6-Puls-Frequenzumrichter zur Steuerung von Motoren verwendet werden. Bei der Resonanzfrequenz sind die beiden Reaktanzen des LC-Kreises des Filters vom Betrag her gleich und stellen elektrisch für diese Frequenz einen sehr kleinen Widerstand dar. Um eine bestimmte Spannungsüberschwingung um mehr als die Hälfte zu senken, muss die Impedanz des Saugkreises niedriger als die Netzimpedanz sein, da sich der Oberschwingungs-

strom nach den Kirchhoff'schen Regeln auf das Netz und den Saugkreis aufteilt (Bild 2).

Aktive Filter reagieren zusätzlich auf Veränderungen

Aktive Netzfilter spielen ihre Vorteile bei wechselnden Oberschwingungsfrequenzen bis zur 50. Harmonischen aus (Bild 3). Diese Filter messen den Netzstrom, ziehen hiervon die ideale Sinusform ab und speisen einen gegenphasigen Strom ins Netz ein. Auf diese Weise wird die Verschmutzung des Netzes mit Oberschwingungen beseitigt. Ist die Last außer Betrieb, so ist auch der Filter inaktiv.

Das wesentliche Know-how bei der Kompensation von Oberschwingungen liegt heutzutage in der Projektierung der Filtersysteme, ihrer Steuerung und Überwachung. Für eine typische Lösung in modernen Fertigungsanlagen werden die Leistungskreise so auf eine Serienresonanzfrequenz ausgelegt, dass sie bei der 5. Harmonischen den kleinsten Widerstand bilden und die Oberschwingungen vom Netz absaugen können (Bild 4). Unterhalb der Resonanzfrequenz wirken die Filterkreise kapazitiv und kompensieren zusätzlich auch noch die Grundschwindungs-Blindleistung.

Zur intelligenten Steuerung des Filters und gleichzeitigen Netzüberwachung nach EN 50160 wird ein Netzanalysegerät wie z. B. das EM-PQ 2300 von Frako, Teningen, verwendet, das auch Grenzwertverletzungen melden und aufzeichnen kann. Dieser Hersteller bietet für die Oberschwingungskompensation ein Komplettpaket an, das von der Analyse der Netzgegebenheiten, über Beratungen, bis zur Lieferung und Inbetriebnahme reicht.



Bild 3: Aktives Filtersystem

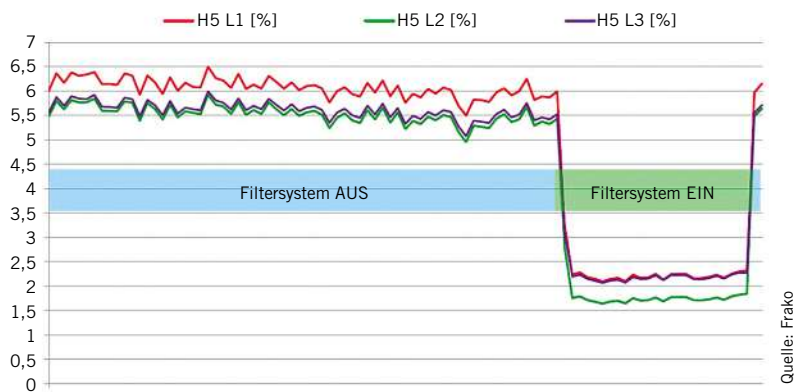


Bild 4: Spannung der 5. Oberschwingung mit und ohne passivem Filtersystem

Ursachen finden und gegensteuern

Um die richtigen Maßnahmen treffen zu können, analysieren Frako-Techniker zunächst den Oberschwingungsgehalt, den Gehalt an Blindleistung und weitere wichtige elektrische Parameter. In der Regel wird das Netzverhalten über eine gesamte Woche aufgezeichnet und analysiert, um einen vollständigen Produktionszyklus bei der Anlagenprojektierung berücksichtigen zu können. Dabei kommen von Frako speziell vorbereitete »PQ-Boxen« zum Einsatz. Diese werden an die zu analysierenden Haupt- und Unterverteilungen angeklemt, per Knopfdruck gestartet und nach einer Woche zur Auswertung an des Frako Service Center zurückgegeben. Die Datenauswertung ergibt dann ein fundiertes und aussagekräftiges Bild über Art und Auswirkung der Netzharmonischen und erlaubt ein gezieltes Einleiten von Korrekturmaßnahmen. Das Ergebnis der Untersuchungen wird mit dem Kunden ausführlich besprochen. Anschließend wird die weitere Vorgehensweise festgelegt und die entsprechende Geräteauswahl getroffen. Frako liefert auf Wunsch eine anschlussfertige Lösung, nimmt die Anlage in Betrieb und kümmert sich auch um eine regelmäßige Wartung.

Mehrwert durch kontinuierliche Netzanalyse

Der Lösungsansatz eines kontinuierlichen Monitorings und frühzeitiger Alarmierung bei Grenzwertverletzung bietet einen signifikanten Mehrwert. Auf diese Weise kann der Anwender das Einhalten von Normen und Richtlinien in überschwingungsbelasteten Netzen nachweisen und protokollieren.

Die intelligente Kompensation kritischer Oberschwingungen dient jedoch nicht nur einer erhöhten Betriebssicherheit der Fertigung. Es sind dadurch auch Daten verfügbar, die Änderungen und den Einfluss der Netzinfrastruktur erkennen lassen. Außerdem kann der Anwender laufende Ereignisse, z. B. Spannungsschwankungen, dokumentieren oder ganz einfach zukünftige Ausbaumaßnahmen der Netzinfrastruktur auf Grundlage einer fundierten Datenlage planen.

Dieser Mehrwert lässt sich mit einem System bestehend aus einem Datensammler, einer Visualisierungssoftware und einem Netzanalysegerät realisieren. Im hier konkret beschriebenen Fall wird das Netzanalysegerät EM-PQ 2300 dazu an die Sekundärseite des Transformators angeschlossen. Es protokolliert somit die elektrischen Eingangs- und Ausgangsparameter. Insgesamt können bis zu 250 Datenpunkte mit diesem System kontinuierlich aufgezeichnet und analysiert werden. Für jeden Datenpunkt lässt sich das Zeitintervall und die Aufzeichnungsart (Minimal-, Mittel- oder Maximalwert) darstellen. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, Diagramme zu definieren und ihnen Datenpunkte zuzuordnen, so dass beim Zugriff auf das EM-PQ 2300 immer die gleichen Diagramme zur Verfügung stehen. Das Gerät verfügt über eine Service-Schnittstelle, mit der die gesamte Anlage jederzeit überwacht werden kann.

Unabhängig von der kontinuierlichen Datenaufzeichnung ist es möglich, bei bestimmten Ereignissen eine zeitlich begrenzte Messung auszulösen. Dabei kann der Anwender frei definieren, welche Messwerte in welchem Intervall und wie lange aufgezeichnet werden sollen. Grenzwertüberschreitungen werden entsprechend einer abgestimmten Eskalationsstrategie per Alarm, E-Mail oder SMS gemeldet. Bei Abweichungen der

Netzqualität von einer vorgegebenen Norm – z. B. EN 50160 oder EN 61000 – setzt das Netzanalysegerät eine Meldung ab und hängt gleichzeitig ein Messprotokoll an. Die Ereignisse tragen einen Zeitstempel. Hierfür lassen sich die Zeitdauer und die Anzahl der Messdaten einstellen – also wie viele vor und nach dem Ereignis gespeichert werden sollen. Dieser zeitliche Verlauf bis zum auslösenden Ereignis erleichtert die Fehlersuche. Die Ursache sowie deren Wirkung werden schnell erkannt. Da das Netzanalysegerät auch Spannungsspitzen und Netzausfälle in einer Auflösung im Millisekundenbereich dokumentiert, ist der Kunde auf der sicheren Seite, wenn es um das Auffinden von Netzproblemen geht. Das kontinuierliche Überwachen und Analysieren erlaubt fundierte Aussagen bzgl. erforderlichen Anpassungen der Netzinfrastruktur und Kompensationsmaßnahmen.

Fazit

Das Stromversorgungsnetz ist durch Oberschwingungen bereits so stark belastet, dass sich nicht nur Computer und Kopierer ungewollt verselbstständigen, sondern auch ganze Produktionsanlagen ernsthafte Steuerungsprobleme bekommen können. Wenn die Stromqualität ganz allgemein immer schlechter wird, müssen die VNBs das vorgegebene Toleranzband für Oberschwingungen und Spannungsschwankungen voll ausnutzen. Das bedeutet für Industriebetriebe, dass bereits der eingespeiste Strom verschmutzt ist und damit kein Spielraum mehr für weitere Oberschwingungsbelastungen besteht. Wer eine vernünftige Produktionssicherheit halten will, muss daher im eigenen Betrieb selbst für Abhilfe sorgen. Empfehlenswert sind eine fachgerechte Situationsanalyse und daraus abgeleitete Maßnahmen, beispielsweise durch aktive oder passive Filtersysteme.

 **LINKS**
www.frako.com

AUTOR

Peter Riese
Regionalvertriebsleiter, Frako Kondensatoren- und Anlagenbau GmbH, Teningen