Probleme mit Oberschwingungen – Teil 1

09.01.2009, 09:34 Uhr
Kommentare: 0
Sicher arbeiten



Oberschwingungen können problematisch sein (Bildquelle: audriusmerfeldas/iStock/Getty Images Plus)

Störungen durch Oberschwingungen treten immer häufiger auf. Um Maschinen, Anlagen und Installationen beeinflussungsfrei oder zumindest -arm betreiben zu können, sind Maßnahmen zur elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) notwendig. Dies setzt ein fundiertes Wissen bei den Elektrofachkräften voraus.

Fluch und Segen der modernen Technik

Natürlich freuen wir uns alle über die gewaltigen Möglichkeiten, die moderne Technik uns bietet. Wenn wir nur daran denken, was wir heute mit unserem Handy außer telefonieren alles machen können, so fasziniert uns das schon. Die Geräte werden immer kleiner und leichter, der Funktionsumfang dafür fast unüberschaubar groß. Aber sicher kennen Sie, liebe Elektrofachkräfte, auch viele Probleme, die wir früher nicht hatten. Eines davon ist die Verschlechterung der Netzqualität insgesamt und insbesondere die Zunahme der Oberschwingungsamplituden. Die Betriebsmittel reagieren einerseits immer sensibler auf Störungen, andererseits verursachen sie diese in steigendem Maße selbst.

Störungen durch steigende Anzahl nichtlinearer Verbraucher

Ursache für den Anstieg der Oberschwingungsbelastungen ist vor allem die stetig steigende Zahl nichtlinearer Verbraucher im Versorgungsnetz. Dadurch, dass Schaltvorgänge immer steilflankiger werden und sich dazu die geschaltete Leistung noch erhöht, wird das Störpotenzial gewaltig vergrößert.
In früheren Zeiten bestanden die Netzteile von Verbrauchen zum überwiegenden Teil aus einem Transformator, einer Gleichrichterschaltung und Glättungskondensatoren. Auf der Netzseite zeigten sowohl Spannung als auch Stromstärke sinusförmige Verläufe. Im Frequenzbereich betrachtet, verursacht eine sinusförmige Größe eine Spektrallinie bei genau einer Frequenz (z.B. bei 50 Hz, wenn man das deutsche Versorgungsnetz

betrachtet). Anders verhält es sich bei nichtlinearen, meist impulsförmigen Signalverläufen. Hier entsteht ein Störfrequenzspektrum, welches in seiner Frequenzausdehnung in erster Näherung von der Impulsdauer und vor allem von den Impulsanstiegs- und –abfallzeiten bestimmt wird. Möglichkeiten der Abschätzung dieses Spektrums werden in einem späteren Artikel näher beleuchtet.

Merke: Mit steiler werdenden Anstiegs- und –abfallzeiten dehnt sich das Störspektrum im Frequenzbereich immer weiter nach oben aus.

Beispiele für Verbraucher

Betrachtet man heutige Verbraucher, so findet man fast nirgends sinusförmige Verhältnisse vor. Besonders kritisch sind hierbei vor allem Betriebsmittel mit einer steilflankigen Strom- bzw. Spannungscharakteristik, wie z.B. Frequenzumrichter oder USV-Anlagen, anzusehen.

Beispiel 1:

Moderne IGBT`s oder IGCT`s z.B. in Umrichtern schalten im Nanosekundenbereich sehr hohe Leistungen. Mittels IGCT`s, wie sie in den Mittelspannungsschaltanlagen mitunter vorkommen, können gegenwärtig Spannungen bis 10 kV steilflankig geschaltet werden. Die Folge sind Oberschwingungen und Störspektren hoher Amplitude bis in einen Frequenzbereich von teilweise 100 MHz und darüber. Auch um das Störpotenzial zu reduzieren, wurde in jüngster Zeit eine neue Generation von IGBT entwickelt, bei denen die möglichen Anstiegszeiten bewusst herabgesetzt wurden.

Beispiel 2:

Fast in jedem Verbraucher werden in der heutigen Zeit Schaltnetzteile eingesetzt. Die Abbildung zeigt den gemessenen Spannungs- und Stromverlauf am Betriebsspannungseingang eines Computers.



Spannungs- und Stromverlauf am Betriebsspannungseingang eines Computers

Die Diagramme spiegeln das Verhalten des Schaltnetzteils wider. Im oberen Teil der Abbildung ist der sinusförmige Verlauf der Spannung zu erkennen. Als problematisch erweist sich die Charakteristik der Stromstärke. Diese nimmt während des größten Teils der Dauer einer Schwingung einen Wert nahe Null an. Nur in einem sehr kurzen Zeitintervall steigt die Stromstärke sprunghaft auf den Maximalwert (unteres Diagramm in der Abbildung). Der Strom ändert sich während dieser Zeit impulsförmig (hohe Stromanstiegsgeschwindigkeit). Die Folge sind Oberschwingungen und ein breites Störfrequenzspektrum im höheren Frequenzbereich (HF-Störungen üblicher Schaltnetzteile lassen sich bis in den Bereich 3 ... 5 MHz, mitunter auch höher nachweisen). Die Amplituden der Stromoberschwingungen sind in erster Linie von den Stromamplituden bei der Netzfrequenz und damit von der erbrachten Leistung des Netzteils abhängig.

Praxistipp:

Hat man die Aufgabe ein geeignetes Netzteil auszuwählen, sollte man aus Sicht der EMV folgendes bedenken: Je kleiner die Bauform des Netzteils (z.B. Wahl zwischen Steckernetzteil und Einbaumodul), desto steiler sind in der Regel die Impulsanstiege. Dies resultiert aus der Notwendigkeit der Begrenzung thermischer Effekte. Bei dieser Betrachtung wurden natürlich gleiche Leistungen unterstellt.

Analyse der Strom- und Spannungsimpulse

Um die möglichen Auswirkungen näher zu betrachten und Entstörmaßnahmen in geeigneter Form ergreifen zu können, ist eine Analyse der Strom- oder Spannungsimpulse im Frequenzbereich notwendig. Dies kann beispielsweise mittels mathematischer Werkzeuge (Fouriertransformation) oder mittels Abschätzung durch das oben bereits erwähnte Amplitudendichtespektrum geschehen.

Bei einer Zerlegung des Impulses ergeben sich geradzahlige und ungeradzahlige Vielfache der Netzfrequenz.
Aus der Sicht der Netze kann man feststellen, dass geradzahlige Oberschwingungsamplituden von Gleichgrößen, ungeradzahlige von Wechselgrößen hervorgerufen werden. Somit überwiegen die ungeradzahligen Ordnungen in den meisten Netzen.

Achtung: so können Oberschwingungen sogar noch verstärkt werden

Ungünstige Auslegungen oder eine Konzentration gleichartiger Verbraucher können die Problematik verschärfen.

Beispiel 1:

Legt man Motoren zu gering aus, um Kosten zu sparen oder die Masse zu reduzieren, so gelangen diese leicht in den Bereich der Sättigung. Dies wiederum führt zu einem signifikanten Anstieg der 5. und 7. Oberschwingung.

Beispiel 2:

Konzentriert man informationstechnische Einrichtungen (z.B. PC`s), so können die Oberschwingungsanteile noch oberhalb der 20. Ordnung ansteigen.

Beachte!
Man kann nicht unbedingt davon ausgehen, dass die Amplituden mit steigender Ordnungszahl immer abnehmen. Messungen mit geeigneter Technik im gesamten Frequenzbereich der Oberschwingungen (bis ca. 2,5 kHz) sind unerlässlich!

Eine Möglichkeit: Kompensationsanlagen

Sind sehr viele Verbraucher gleichartiger Charakteristik (induktiv - Motoren oder kapazitiv - Informationstechnik) im Netz, so können Kompensationsanlagen hilfreiche Dienste leisten.

Betrachtet man die Verhältnisse in einem realen Netz, so kann man feststellen, dass sich die Stromanteile bei Netzfrequenz (Anschluss dreiphasiger Verbraucher) kompensieren. Damit nimmt der Rückstrom den Wert „0“ an. Anders verhält es sich bei den Oberschwingungsanteilen. Hier kommt es zu keinen oder nur teilweisen Kompensationserscheinungen.

Achtung!

Besonders kritisch sind alle ungeraden und durch drei teilbaren Oberschwingungsordnungen, insbesondere die 3. (150 Hz) und die 9. (450 Hz) Oberschwingung. Hier kommt es zu einer gleichphasigen Überlagerung der Ströme bzw. Spannungen. Der Rückleiterstrom nimmt also den dreifachen Wert gegenüber einer Einzelphase an.
Diese Tatsache muss bereits bei der Auslegung einer Anlage Berücksichtigung finden. **Ein zu niedrig dimensionierter Leiterquerschnitt kann gefährlich werden!** Die Folgen können unzulässige Leitererwärmungen sein, die zu Bränden, Kurzschlüssen und

Zerstörungen von Anlagen führen können.

Ausblick: Normativer Hintergrund und Gegenmaßnahmen

Im zweiten Teil der Betrachtungen zu den Oberschwingungen wird die normative Situation auf diesem Gebiet näher beleuchtet. Es werden Vorgehensweisen bei der Neuerrichtung von Anlagen bzw. bei der Fehleranalyse hinsichtlich Oberschwingungen diskutiert und geeignete Möglichkeiten zur Messung von Oberschwingen vorgestellt.
Ein dritter Teil wird sich mit Maßnahmen zur Reduzierung von Oberschwingungsamplituden beschäftigen. Im Mittelpunkt werden in diesem Artikel die Wahl der Netzform und deren richtige Umsetzung am konkreten Einsatzort sein.

Lesen Sie mehr dazu in Teil 2 des Beitrags.

Autor: Dipl.-Ing. Gerd Zschau, Technische Universität Dresden, Elektrotechnisches Institut