



**CHAUVIN
ARNOUX**

BEI ELEKTRISCHER ENERGIE KOMMT ES AUF DIE QUALITÄT AN

Was versteht man unter Netzqualität
und wie überwacht man sie?

Measure up



INFORMATIONSSCHRIFT



Einführung

Wenn Sie ein Unternehmen besitzen oder es führen, denken Sie wahrscheinlich nicht sehr oft über die Qualität Ihrer Stromversorgung nach. Daher zu Beginn die Frage: was versteht man unter Netzqualität und wie kann sie sich verändern? Sie können sich natürlich auf Ihren Stromversorger verlassen, dass er sich schon darum kümmert, und sich andererseits fragen: Spielt die Netzqualität überhaupt eine Rolle oder ist das nur eine Sache für Elektroingenieure? In dieser Informationsschrift wollen wir Ihnen alle diese Fragen beantworten, aber zuallererst müssen wir feststellen, dass Netzqualität uns alle betrifft.

Sie hatten bestimmt schon einmal ein Elektrogerät – meistens einen Computer oder ein anderes elektronisches Gerät –, das aus unerfindlichen Gründen plötzlich nicht mehr richtig funktionierte oder sogar kaputt ging.

Vielleicht flackert Ihre Beleuchtung oder in Ihrer Fabrik wird ein Elektromotor zu heiß und fällt viel früher aus als erwartet. Für all das kann schlechte Netzqualität die Ursache sein, und wenn Sie das nicht erkennen, ist Geld und Zeit, die Sie für die Behebung dieser Störungen aufgewendet haben, umsonst gewesen. Aber das ist noch nicht alles: schlechte Netzqualität kann auch Ihre Stromrechnung erhöhen und so Ihr wohlverdientes Geld kosten.

Aus diesen Gründen sollte jeder, der ein Unternehmen besitzt oder führt, wissen, um was es sich bei der Netzqualität handelt, wie man sie überwacht und was zu tun ist, wenn sie Probleme verursacht. In anderen Worten: Die paar Minuten, die Sie benötigen, um diese Informationsschrift zu lesen, können Ihnen eine Menge Zeit, Probleme und Geld einsparen.

Was versteht man unter Netzqualität?

Zunächst wollen wir klarstellen, dass es im Folgenden ausschließlich um Wechselstromversorgungen geht. Es gibt zwar auch Gleichstromnetze und einige waren bis in die 1950er Jahre in Betrieb, aber heutzutage bieten die Stromversorger nur noch Wechselstrom an. DC-Stromversorgungen könnten in nächster Zeit wieder einen Aufschwung erleben, etwa durch Fotovoltaik oder erneuerbare Energien, aber das wäre dann Gegenstand einer neuen Informationsschrift!

In einer perfekten Welt könnten Sie davon ausgehen, dass Ihr Stromlieferant sie mit einer konstanten Wechselspannung versorgt, die stets die gleiche Frequenz hat und eine gleichmäßige Sinus-Wellenform ohne irgendwelche „Zacken“ aufweist. Bei einer Drehstromversorgung könnten Sie erwarten, dass alle drei Spannungen identisch sind – das wäre eine perfekte Netzqualität. Da wir aber in keiner perfekten Welt leben, wird Ihre Stromversorgung nicht alle diese Eigenschaften aufweisen, und selbst wenn sie sie an Ihrem Netzanschluss noch hat, kann es sehr wohl vorkommen, dass ihre Qualität beim Durchgang durch Ihre elektrische Anlage stark leidet.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass es bei Problemen mit der Netzqualität nicht unbedingt an Ihrem Netzversorger liegen muss. Tatsächlich unternehmen die Stromversorger sehr viel, um „saubere“ Energie zu liefern, aber einige Faktoren, die die Spannungsqualität beeinflussen, wie z.B. Gewitter oder beim Kunden eingebaute Geräte, entziehen sich ihrer Kontrolle.

Nach diesen Vorbemerkungen fragen wir uns also: Was kann die Netzqualität beeinträchtigen? In der Praxis lassen sich sämtliche Fragen der Netz- oder Spannungsqualität in sechs Bereiche unterteilen. Es geht um Oberschwingungen, Spannungseinbrüche oder -erhöhungen, Transienten, elektromagnetische Störungen, Spannungs-Unsymmetrien

und schlechte Leistungsfaktoren. In dieser Informationsschrift wollen wir uns von nun an diesen sechs Themen widmen.

Oberschwingungen

Wie bereits in der Einführung gesagt, sollten in einem idealen Stromversorgungs-System die Spannung und der Stromfluss einen exakt sinusförmigen Wellenverlauf aufweisen. Das wäre auch recht leicht zu erreichen, wenn alle an das Stromnetz angeschlossenen Verbraucher lineare Lasten wären, d.h. dass der Strom, den sie dem Netz entnehmen, stets proportional zur anliegenden Spannung ist. Einfache Heizöfen oder Glühlampen sind Beispiele für solche linearen Lasten und bis zu den letzten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts waren auch fast alle angeschlossenen Verbraucher linear.

In den letzten 30 Jahren wurden allerdings immer mehr nicht-lineare Lasten durch das Netz versorgt. Dazu gehören z.B. Computer und die zugehörigen IT-Geräte, Notstromversorgungen, Elektroantriebe mit veränderlicher Drehzahl, elektronische Vorschaltgeräte für Leuchtstoffröhren, LED-Leuchten, usw..., um nur einige zu nennen. Die Zunahme solcher Geräte und der Einsatz von Elektronik zur Steuerung elektrischer Lasten führen dazu, dass sich störende Einflüsse auf die Stromversorgung bemerkbar machen, insbesondere in den jeweiligen eigenen Elektroinstallationen der Abnehmer. Man schätzt heute, dass mehr als 95 % der in einer Anlage auftretenden Oberschwingungen von in dieser Anlage selbst installierten Geräten erzeugt werden.

Wie bereits gesagt, entnehmen lineare Lasten dem Versorgungsnetz einen sinusförmigen Strom mit derselben Frequenz wie die anliegende Spannung. Bei nicht-linearen Lasten ist das nicht der Fall: Sie nehmen Ströme auf, deren Wellenform sehr komplex sein kann, je nach Art der angeschlossenen Last und deren Zusammenwirken mit anderen Bestandteilen der Elektroinstallation. Nicht-lineare Lasten erzeugen daher verzerrte Wellenformen im Versorgungsnetz und bei großen Verbrauchern kann dies zu starken Verzerrungen im Spannungsverlauf führen. Als Folge davon können erhebliche Energieverluste, verschlechterte Wirkungsgrade von Ausrüstungen und verkürzte Lebensdauern von Geräten auftreten.

Die Verzerrung der Wellenform, die von nicht-linearen Lasten erzeugt wird, lässt sich mathematisch analysieren, indem man zur Grundschwingung ganzzahlige Vielfache der Grundfrequenz hinzuaddiert. Für eine 50-Hz-Wechselstromversorgung heißt das, dass die Verzerrung durch Hinzufügen von „Oberschwingungen“ mit 100 Hz, 150 Hz, 200 Hz, 250 Hz, 300 Hz usw... verursacht wird, wie in Abb. 1 gezeigt.

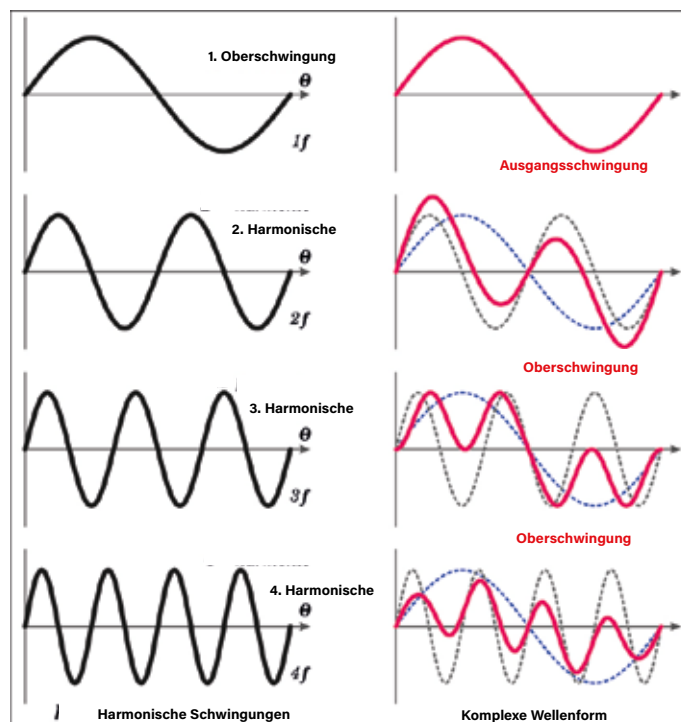


Abb. 1: Eine verzerrte Wellenform lässt sich durch Überlagerung einer Grundschwingung mit mehreren Oberschwingungen darstellen

Diese zusätzlichen Komponenten sind die Oberschwingungen, die theoretisch bis zu unendlich Vielfachen gehen können. In der Praxis wird man allerdings höchstens noch die 50. Harmonische berücksichtigen, die eine Frequenz von $50 \times 50 \text{ Hz} = 2,5 \text{ kHz}$ aufweist, und in den meisten Fällen kann man sich auf die Harmonischen bis zum Rang 25 beschränken. Wenn man gegen Oberschwingungen nichts unternimmt, breiten sie sich im Netz aus und können so Störungen bei anderen Verbrauchern hervorrufen.

Da sich verzerrte Wellenformen stets durch die Überlagerung einer Grundschwingung mit mehreren Oberschwingungen darstellen lassen (in der Mathematik nennt man das „Fourier-Analyse“), kann man den Grad der Verzerrung in einem elektrischen Netz darstellen. Im Deutschen spricht man dann vom „Klirrfaktor“, international hat sich die Bezeichnung „Total Harmonic Distortion“ (THDi) durchgesetzt. Sie wird wie folgt berechnet:

$$\text{THDi} = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_n^2}}{I_1}$$

Darin ist I_1 der Strom bei der Grundfrequenz (50 Hz), I_2 der Strom bei der doppelten Frequenz, I_3 bei der dreifachen Frequenz usw...



Gottseidank müssen Sie diese Formel in der Praxis heutzutage wohl nie anwenden, da moderne Klirrfaktormessgeräte diese Berechnungen ausführen und Ihnen den Klirrfaktor oder THDi direkt anzeigen.

Oberschwingungen wirken sich negativ auf praktisch alle an ein elektrisches Netz angeschlossenen Geräte aus. Empfindliche elektronische Geräte werden gestört, Antriebe überhitzen und verursachen mechanische Belastungen, Computer und IT-Geräte fallen aus. Häufig flackern auch Beleuchtungen, treten Probleme beim Schalten großer Lasten auf, Neutralleiter werden heiß, Schutzschalter sprechen unnötigerweise an und die Verbrauchsmessung ist zu hoch.

Manche dieser Auswirkungen, wie flackernde Lichter oder Computer-Abstürze, lassen sich als unangenehm einschätzen, aber der Ausfall von Fertigungsanlagen kann bereits viel Geld verschlingen. Am schlimmsten sind Ausfälle von Leistungsfaktor-Kondensatoren und Anlagen-Bestandteilen, wie Stromleitungen, Transformatoren, Elektromotoren oder Notstromgeneratoren. Das Ersetzen solcher Geräte ist oft sehr teuer und beansprucht viel Zeit, auch die Reparaturkosten und Ausfallzeiten können enorm viel Geld kosten. Aber selbst wenn keine Geräte oder Ausrüstungen direkt ausfallen, können Oberschwingungen zu verringerten elektrischen Wirkungsgraden führen und damit zu unnötig hohen Energieverbrauchskosten.

Das Ausfall-Risiko von Leistungsfaktor-Kondensatoren ergibt sich aus der grundlegenden Eigenschaft jedes beliebigen Kondensators: Seine Impedanz verringert sich bei steigender Frequenz. Bei hohen Frequenzen kann ein Kondensator geradezu einen „Kurzschluss“ verursachen. Kondensatoren zur Leistungsfaktor-Kompensation sind üblicherweise

für einen Betrieb bei der normalen Netzfrequenz ausgelegt. Sind sie einer höheren Frequenz ausgesetzt, fließt mehr Strom und der Kondensator heizt sich auf, dadurch kann er früher ausfallen. Außerdem können Kondensatoren dauerhaft beschädigt werden, wenn der Stromkreis, den sie mit dem angeschlossenen Transformator bilden, in Resonanz zu einer der Oberschwingungen gerät.

Die Aufheizung von Elektromotoren und Transformatoren durch Wirbelströme ist proportional zum Quadrat der Oberschwingungsfrequenz. Daraus folgt, dass Oberschwingungen höheren Rangs in ihrer Stromversorgung zu stärkerer Erhitzung dieser Anlagenteile führen. Die höhere Erwärmung verschlingt nicht nur Energie – für die Sie als Stromkunde ja bezahlen – sondern führt auch zu früheren Ausfällen und eventuell sogar zu Bränden in den Wicklungen der Motoren und Transformatoren und anderen Bestandteilen der Anlage.

Zusätzlich zu den Verlusten durch stärkere Erwärmung können Oberschwingungen in E-Motoren zu schädlichen Torsionsschwingungen der Motor-Antriebsachse führen. Das Drehmoment von Wechselstrom-Motoren ergibt sich aus dem Zusammenwirken der magnetischen Felder im Luftspalt des Stators und der im Rotor induzierten Ströme. Wird der Motor mit nicht-sinusförmigen Spannungen und Strömen versorgt, enthalten die magnetischen Felder des Stators und die Ströme im Rotor unausweichlich weitere Harmonische.

+VE	1, 4, 7, 10, 13
-VE	2, 5, 8, 11, 14
Null	3, 9, 15, 21

Diese lassen sich in Mitsystem-, Gegensystem- und Nullsystem-Spannungen unterteilen. Mitsystem-Harmonische (1, 4, 7, 10, 13, usw...) erzeugen magnetische Felder, die sich in dieselbe Richtung drehen wie die der Grundfrequenz der Stromversorgung und damit zum gleichen Drehmoment beitragen. Gegensystem-Harmonische (2, 5, 8, 11, 14, usw...) erzeugen magnetische Felder, und damit ein Drehmoment, die sich entgegengesetzt drehen. Die Nullsystem-Harmonischen (3, 9, 15, 21, usw...) erzeugen kein Drehmoment, führen aber zu zusätzlichen Verlusten in der Maschine.



Die gegenseitige Wirkung der Mitsystem- und der Gegensystem-Magnetfelder und -Ströme führt zu Torsions-Schwingungen der Motor-Antriebsachse und damit zu Vibrationen im Antrieb. Falls diese Vibrationen mit der natürlich vorhandenen mechanischen Eigenfrequenz der Achse übereinstimmen, können sie sich gegenseitig verstärken und zu erheblichen Schäden am E-Motor führen. Manchmal kann man diese Vibrationen an einem Transformator oder Motor als „Singen“ oder „Brummen“ buchstäblich hören und dies liefert oft einen ersten Hinweis auf ein Problem mit Oberschwingungen.

Einige der problematischsten Harmonischen sind die vom Rang 3 und dem ungeraden Vielfachen von 3, d.h. die 9., 15., usw... Harmonischen. Man nennt sie auch die „Dritten Harmonischen“. Da sich bei Drehstromversorgungen diese dritten Harmonischen in jeder Phase addieren, so kann dies in einem Vierleiter-Dreiphasensystem dazu führen, dass sie sich auch im Neutralleiter addieren und diesen übermäßig belasten, falls er nicht für das Auftreten von Oberschwingungen ausgelegt wurde.



Leistungs- und Energie-Recorder (PEL100)

Glücklicherweise lassen sich Oberschwingungen heute mit Leistungsanalysatoren bzw. Leistungs- und Energie-Recorder (PEL) mit Oberschwingungsfunktion leicht erkennen und messen. Leider lassen sich Oberschwingungen nicht vermeiden, da sie von vielen Lasten im normalen Betrieb erzeugt werden, aber man kann ihre Ausbreitung im Versorgungsnetz verhindern.

Dies erreicht man üblicherweise durch passive oder aktive Filter in der Nähe der Verursacher von Oberschwingungen oder auch durch entsprechende Einrichtungen zur Korrektur des Leistungsfaktors. Die Beseitigung oder Verminderung von Oberschwingungen im Netz wird in jedem Fall die oben angesprochenen Probleme beseitigen oder zumindest verringern und damit Vorteile bringen, wie z.B. höhere Effizienz, längere Lebensdauer der Geräte und geringere Ausgaben für Energie.

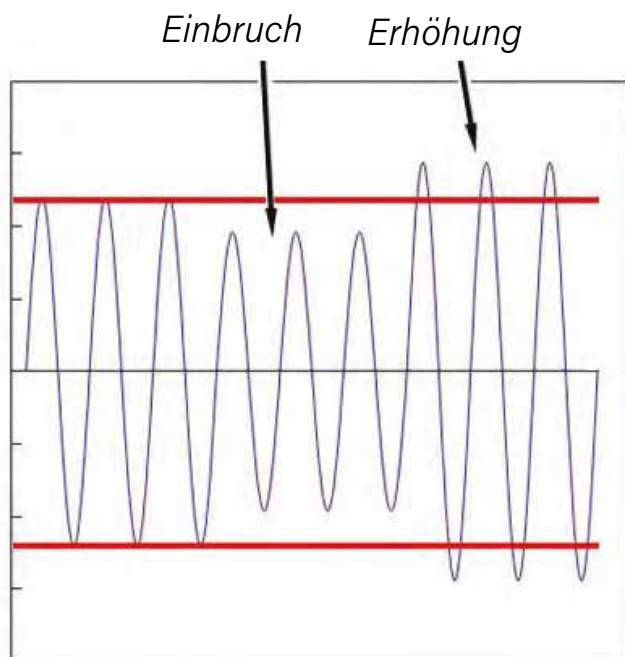
Ein Warnhinweis ist allerdings an dieser Stelle angebracht: Einmalige Maßnahmen zur Vermeidung von Oberschwingungen sind mit Sicherheit keine endgültige Lösung. Bei der derzeitigen dynamischen Entwicklung der Wirtschaft werden mit größter Wahrscheinlichkeit ständig neue Verbraucher an Ihre elektrische Anlage angeschlossen und wie wollen Sie deren Einfluss auf die Netzqualität ohne Kontrollmessungen abschätzen? In anderen Worten: eine regelmäßige Überprüfung Ihres Versorgungsnetzes auf Oberschwingungen ist unverzichtbar, wenn Sie die Vorteile einer hohen Netzqualität weiter genießen wollen.

Über- und Unterspannungen

Wenn elektrische Anlagen und Geräte richtig funktionieren sollen, muss die sie versorgende elektrische Energie eine Spannung und eine Frequenz innerhalb vorgegebener Grenzen aufweisen. Die Europäische Norm EN50160 wurde von der CENELEC im November 1994 unter dem Titel „Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen“ verabschiedet. Sie definiert und spezifiziert die wesentlichen Merkmale der Netzspannung am Mittelspannungs- und Niederspannungs-Netzanschlusspunkt unter normalen Betriebsbedingungen.

Die Norm legt die Grenzen fest, innerhalb derer die Spannung liegen soll, beschreibt aber nicht bis ins Detail die typische Situation in einem öffentlichen Stromversorgungsnetz. Die zulässige Schwankungsbreite ist relativ groß: 230 V $\pm$ 10 % für Einphasennetze und während 5 % der Zeit sind sogar Spannungsschwankungen über diese 10 %-Grenze hinaus zugelassen.

In der Praxis ist allerdings nicht so wichtig, ob die Netzspannung die Anforderungen der Norm erfüllt, sondern ob sie kompatibel ist zu den Erfordernissen der angeschlossenen Verbraucher. Dies ist manchmal nicht der Fall und dies liegt meist an Spannungseinbrüchen und -erhöhungen.



Was sind Spannungseinbrüche und -erhöhungen?

Als Spannungseinbruch bezeichnet man eine plötzliche Verringerung der Versorgungsspannung zwischen 10 % und 90 % über eine Dauer von 10 Millisekunden bis 1 Minute. Die Tiefe des Spannungseinbruchs wird gemessen als Differenz zwischen der vorgegebenen Netzspannung und der niedrigsten RMS-Spannung während des Einbruchs. Verringerungen der Spannung um weniger als 10 % werden nicht als Spannungseinbruch aufgefasst.

Spannungseinbrüche können durch äußere Einflüsse auf das Versorgungsnetz oder interne Einflüsse innerhalb der Elektroanlage entstehen. Es können einzelne, zufällig auftretende Ereignisse sein oder eine Serie von Ereignissen, die nach einem Muster auftreten. In jedem Fall zeigt erst eine Überwachung und Aufzeichnung des Spannungsverlaufs über die Zeit, woher die Spannungseinbrüche stammen könnten.

Äußere Einflüsse führen eher zu einmaligen Ereignissen, wie Lastumschaltungen und Fehlerbehebungen im Versorgungsnetz. Ähnliche Effekte können bei Umschaltungen auf unterbrechungsfreie Stromversorgungen (USV) oder Notstromgeneratoren auftreten. Übliche Ursachen von Spannungseinbrüchen innerhalb einer Elektroanlage sind das

Spannungserhöhungen oder Überspannungen sind das Gegenteil von Spannungseinbrüchen. Man versteht darunter Erhöhungen der Netzspannung um mehr als 10 % für eine kurze Zeit – zwischen 1 Millisekunde und 1 Minute – nach der die Spannung wieder auf ihren normalen Wert zurückfällt. Diese Erhöhungen treten fast immer durch



Einschalten starker Lasten, wie Motoren, Heizöfen, Schweißanlagen, oder der Betrieb von Lasten mit stark veränderlicher Stromaufnahme. In einer Anlage intern verursachte Spannungseinbrüche treten oft in regelmäßigen Abständen oder zu bestimmten Tageszeiten auf.

Die Auswirkungen von Spannungseinbrüchen auf elektrische Geräte und deren Benutzer sind sehr unterschiedlich und hängen stark von der Art der Ereignisse und den angeschlossenen Geräten ab. In einem von Leuchtstoffröhren beleuchteten Büro, mit Geräten mit Schaltnetzteilen und mit einer unterbrechungsfreien Notstromversorgung kann es gut sein, dass selbst starke Spannungseinbrüche gar nicht bemerkt werden. In einem ähnlich ausgestatteten Büro mit anderer Beleuchtung, mit älteren Geräten mit linearen Netzteilen und ohne USV können Spannungseinbrüche dagegen erhebliche Unterbrechungen verursachen.

Spannungseinbrüche der Netzstromversorgung können besonders bei Asynchronmotoren zu geringen oder erheblichen Problemen führen. Bei geringerer Spannung wird deren Drehzahl sinken und je nach Ausmaß und Dauer des Einbruchs sich dann wieder auf die Nenndrehzahl erhöhen. Bei stärkeren und längeren Spannungseinbrüchen kann es allerdings zu Überlastung und zum Stillstand des Motors kommen, oder der Schaltschutz fällt ab, oder eine Unterspannungs-Schutzschaltung spricht an. Bei drehzahlgesteuerten Motoren kann der Drehzahlregler abschalten, um mögliche Motorschäden zu verhindern.

das Abschalten großer Verbraucher im Versorgungsnetz oder der eigenen Anlage auf.

Spannungseinbrüche machen sich oft schnell bemerkbar, Überspannungen führen dagegen oftmals zu größeren Schäden.

Häufige Überspannungen können bei Asynchronmotoren durch zu hohe Stromaufnahme und daraus folgende Überhitzung zu Beschädigungen an der Isolation führen und damit zu einer verkürzten Lebensdauer des Motors. Außerdem können Überspannungen durch kumulierte Überlast-Effekte Bauteile in Stromversorgungen oder Netzteilen beschädigen, aber auch elektronische Geräte reagieren oft empfindlich auf Überspannungen.

Glücklicherweise gibt es verschiedene Wege, um die Auswirkungen von Spannungseinbrüchen und -erhöhungen zu verringern, aber zunächst sollte man sich auf die Suche nach den Ursachen für sie machen. Dazu empfiehlt sich eine gründliche Überprüfung der gesamten elektrischen Anlage durch Messung der Spannungen und Ströme an verschiedenen Stellen, um die Verursacher der Spannungseinbrüche und -erhöhungen zu finden.

Solche Anlagen-Überprüfungen lassen sich mit modernen Leistungs- und Energie-Recordern (PEL) oder Netzgüte-Analysatoren einfach durchführen. Diese Geräte können schnell und unterbrechungsfrei, meistens sogar während des laufenden Betriebs, an Schalt- und Verteilerkästen oder andere Schlüsselstellen der Anlage angeschlossen werden und können dort verbleiben, um die Daten zu erfassen und aufzuzeichnen.

Wenn die Überprüfung zeigt, dass die Probleme vom externen Stromversorgungsnetz kommen und dabei die genormten Grenzwerte überschritten werden, dann ist es Zeit, Kontakt zu Ihrem Stromlieferanten aufzunehmen. In der Vielzahl der Fälle liegt das Problem jedoch in Ihrer eigenen Elektroanlage, und, nachdem Sie den Verursacher der Spannungsschwankungen identifiziert haben, können Sie Abhilfemaßnahmen ergreifen.

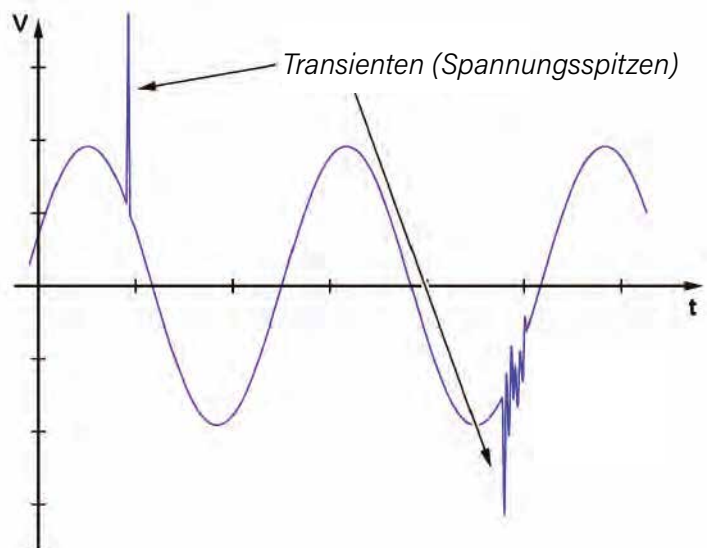
Diese können z.B. darin bestehen, dass die betreffende Last über einen eigenen Stromkreis versorgt wird, dass Sie eine unterbrechungsfreie Stromversorgung anschaffen, oder dass Sie große Elektroantriebe mit einer Einschaltstrombegrenzung oder einer Drehzahlsteuerung ausrüsten, um starke Sprünge in der Stromaufnahme beim Einschalten dieser Antriebe zu vermeiden. Wenn diese Maßnahmen in der Praxis nicht durchführbar oder unwirksam sind, können Sie sich immer noch an Ihren Stromlieferanten wenden und eventuell eine höhere Versorgungsleistung beantragen.



Drehzahlsteuerung

Transienten

Transienten, die man auch als kurzzeitige Spannungsspitzen bezeichnet, können in Anlagen und Geräten von geringfügigen Störungen bis zu zerstörenden und extrem kostspieligen Schäden führen. Diese plötzlich auftretenden und sehr kurzen Spannungsspitzen erreichen teilweise mehrere Tausend Volt. Sie treten vereinzelt auf oder auch in Serien. Transienten lösen logischerweise hohe Stromspitzen in den angeschlossenen Verbrauchern aus, was zu einer erhöhten Energieaufnahme aus dem Netz führt. Je nach Größe und Dauer der Transienten hat diese erhöhte Energieaufnahme keine oder nur geringe Effekte, sie kann aber auch zu erheblichen Schäden führen.



Oft wird gesagt, dass die meisten Transienten im Netz durch externe Ursachen entstehen, wie etwa Blitzeinschläge, An- oder Abschalten großer Lasten oder auch Umschaltfehler beim Stromlieferanten. Es stimmt, dass durch Blitzeinschläge verursachte Transienten wegen ihrer hohen Spannung und ihres großen Energiegehalts das höchste Risiko für Geräteschäden und -ausfall bergen, aber, wie Studien gezeigt haben, entstehen mehr als 80 % der Transienten innerhalb der eigenen Anlage.



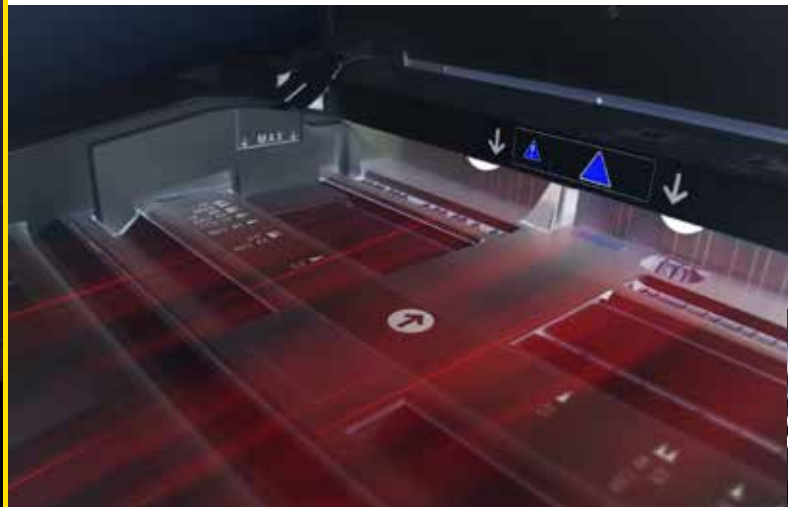
Transienten (Spannungsspitzen)

Durch Blitze verursachte Transienten sind selten, aber warum sind sie manchmal so zerstörerisch? Der Strom bei einem typischen Blitzschlag erreicht innerhalb 1 bis 10 Microsekunden seinen Höchstwert und sinkt dann etwas langsamer innerhalb von 50 bis 200 Microsekunden wieder ab. Dieser schnell veränderliche Strom erzeugt eine elektromagnetische Strahlung (Radiowelle), die sich rund um den Blitzkanal ausbreitet. Wenn diese sehr starke Welle auf einen elektrischen Leiter trifft, wie etwa eine Strom- oder Fernmeldeleitung oder ein Metallrohr, verhält sich dieser Leiter wie eine Antenne und in ihm wird eine hohe Spannung – die Transiente – induziert. Dabei muss der Leiter gar nicht direkt vom Blitz getroffen werden, selbst wenn der Blitz in der Nähe des Leiters in den Boden einschlägt, kann er in ihm hohe Spannungsspitzen induzieren.

Aber auch andere externe Ereignisse, wie die Umschaltung starker Lasten oder Fehlerbehebungen beim Stromlieferanten können Transienten erzeugen. Umschaltungs-Transienten entstehen durch die plötzliche Freisetzung elektrischer, magnetischer oder auch, im Falle von rotierenden Maschinen, mechanischer Energie, die im Gerät gespeichert waren. Transienten bei Fehlerbehebungen werden durch

ähnliche Freisetzungen von Energie produziert, wenn der Fehlerstrom abgeschaltet wird. Durch solche externen Ursachen hervorgerufene Transienten sind relativ selten und meistens sehr viel schwächer als Transienten durch Blitzeinschläge.

Die meisten Transienten werden innerhalb einer Anlage durch das An- oder Abschalten großer Lasten erzeugt. Das kann z.B. beim Umschalten auf eine andere Sammelschiene passieren, aber meistens reichen bereits kleinere Ereignisse wie das An- oder Abschalten von Leistungsschaltern oder Schützen. Selbst das Einschalten der Beleuchtung kann Transienten verursachen, und diese Transienten sind umso größer, wenn die Schaltkontakte beschädigt oder korrodiert sind. Bürogeräte wie



Fotokopierer oder Laserdrucker, aber auch Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage sind bekannte Erzeuger von Transienten. Es ist tatsächlich so, dass jede induktive oder kapazitive Last beim Ein- oder Ausschalten praktisch immer eine – wenn auch recht kleine – Transiente erzeugt, die sich im elektrischen Netz ausbreitet.

Wenn man die Auswirkungen von Spannungsspitzen auf eine elektrische Anlage und die daran angeschlossenen Geräte betrachtet, dann wirken sich die innerhalb der Anlage erzeugten, und üblicherweise auch sehr schwachen Transienten, nur langfristig auf die Lebensdauer der Geräte aus. Die sehr viel stärkeren, durch Blitze oder das Umschalten großer induktiver Lasten verursachten Transienten können dagegen sofort Isolierungen beschädigen und große Energiemengen in der Anlage freisetzen, die zu Ausfällen von Geräten und schlimmstenfalls zu Bränden oder gar Explosionen führen können.

Es kann zu dramatischen Ereignissen führen, wenn ein Gerät Spannungsspitzen ausgesetzt ist, deren Spannung höher ist als die Durchschlagsspannung der in diesem Gerät eingebauten Isolation. Es kann dann zu einem Funkenschlag kommen, d.h. zu einem Lichtbogen geringer Impedanz, durch den Strom des Versorgungsnetzes abfließt. Da dahinter die ganze Energie des Versorgungsnetzes steht, ist logisch, dass dieser Lichtbogen hohe Energien und damit Hitze freisetzt, die einen Brand, eine Explosion und Lebensgefahr verursachen kann.

Herkömmliche elektrische Geräte werden meistens nur beschädigt, wenn sie hohen und/oder energiereichen Transienten ausgesetzt sind; elektronische Geräte sind dagegen viel empfindlicher und ohne entsprechenden Schutz können sie bereits durch relativ schwache Transienten irreparabel beschädigt werden. Das kommt daher, dass die interne Isolation von Microcontrollern und ähnlichen integrierten Schaltungen nur aus extrem dünnen Siliziumschichten besteht. Bereits bei einer Überspannung, die für herkömmliche Geräten völlig harmlos ist, können diese dünnen Isolationsschichten beschädigt werden. Anzumerken ist, dass Transienten in elektronischen Geräten nicht unbedingt zum sofortigen Ausfall führen, sondern sich erst später durch scheinbar zufällige Ausfälle bemerkbar machen. Da heutzutage fast alle Aktivitäten im Handel, in der Fertigung und im Geschäftsleben vom Einsatz elektronischer Systeme abhängen, sind solche Ausfälle sehr ernst zu nehmen, da sie viel Zeit und Geld kosten.

Selbst wenn Transienten nicht zu Hardware-Beschädigungen führen, können sie völlig unerwartet bei Computern Programmabstürze und Datenverluste verursachen, Prozesssteuerungen lahmlegen und Fehlerstrom-Schutzschaltungen auslösen.



Es gibt eine große Anzahl von Schutzmaßnahmen gegen Transienten und bei der Auswahl der bestgeeigneten Maßnahme sollte man Spannungshöhe, Dauer und Leistung der zu erwartenden Transienten, sowie die Art der zu schützenden Geräte beachten. Elektromotoren zum Beispiel können so konstruiert sein, dass sie Transienten eines typischen Versorgungsnetzes ohne Schutz klaglos überstehen, aber man sollte sich darauf nicht verlassen. Elektronische Geräte können ebenfalls eingebaute Schutzvorrichtungen enthalten, aber diese erweisen sich oftmals als nicht ausreichend ohne weitere Schutzmaßnahmen vor Ort.

Es mag zunächst unnötig erscheinen, Prüf- und Messgeräte wie Multimeter oder multifunktionale Anlagentester mit Transienten-Schutzvorrichtungen auszurüsten, aber in der Praxis erweist es sich als notwendig. Aber auch in elektrischen Anlagen können Spannungsspitzen während Prüfvorgängen auftreten, und die dadurch ausgelöste Energie kann ungeschützte Instrumente zerstören und die sie in der Hand haltenden oder in der Nähe befindlichen Personen verletzen.

Die Anforderungen für den Schutz gegen zeitweilige Überspannungen im Netz sind in der EU-Norm EN 61010 „Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte“ festgelegt. Nach dieser Norm müssen diese Geräte je nach Überspannungskategorie der Anlage, an der sie eingesetzt werden, gegen Transienten geschützt sein (siehe folgende Tabelle).

EN 61010-1 Schutz gegen Transienten				
Versorgungs-Spannung	kurzzeitige Überspannung			
	CAT I	CAT II	CAT III	CAT IV
150 V	800 V	1500 V	2500 V	4000 V
300 V	1500 V	2500 V	4000 V	6000 V
600 V	2500 V	4000 V	6000 V	8000 V
1000 V	4000 V	6000 V	8000 V	12 000 V

Die EN 61010 geht davon aus, dass extern erzeugte Überspannungen am Übergabepunkt des öffentlichen Netzes in die Kunden-Anlage am stärksten sind. Wenn sie sich durch die Anlage bzw. das Gebäude verbreiten, werden sie durch Induktivität, Kapazität und Widerstand der Verkabelung und der angeschlossenen Geräte abgeschwächt. Einfach gesagt bedeutet dies, dass die Instrumente in der Nähe der Netzeinspeisung gegen höhere Transienten geschützt sein müssen als Instrumente, die an weiter entfernten Stellen benutzt werden. Instrumente, die an den letzten, an einfache Steckdosen angeschlossenen Geräten verwendet werden, können noch schwächer geschützt sein. Dies ist aus den in der Tabelle angegebenen Überspannungskategorien CAT I bis CAT IV ersichtlich.

Für CAT I zugelassene Instrumente können an Sekundärstromkreisen, die nicht direkt mit dem Netz verbunden sind, eingesetzt werden. CAT II-Instrumente sind für Messungen an Stellen geeignet, die direkt vom 230 Volt-Niederspannungsnetz versorgt werden. CAT III-Instrumente sind für Messungen innerhalb der Gebäudeinstallation zugelassen, wie z.B. an Verteilerkästen, Leistungsschaltern, Sammelschienen und industriellen Ausrüstungen. CAT IV-Instrumente sind für Messungen an der Quelle der Niederspannungsinstallation, wie Zähler, Hauptanschluss, ... vorgesehen.

Da Instrumente einer bestimmten Überspannungskategorie logischerweise auch für die niedrigeren Kategorien benutzt werden können, kann ein CAT IV-Instrument überall innerhalb einer Niederspannungsanlage verwendet werden. Somit ist es oft empfehlenswert, mehr Geld in ein Instrument mit höherer CAT-Klasse zu investieren, da man so das Risiko vermeidet, an einer bestimmten Stelle mit einem ungeeigneten Instrument zu arbeiten.

Mit Überspannungsschutzgeräten (engl. Abkürzung: SPD) lassen sich Transienten vermeiden, und so Stromleitungen, Verteiler- und Schalteinrichtungen und natürlich Geräte einer Anlage vor Überspannungen schützen. Wenn eine Überspannung eintrifft, leitet das Schutzgerät den überschüssigen Strom nach Erde ab und begrenzt die Spannung damit auf einen vorgegebenen Maximalwert. Solche Schutzgeräte können je nach Umständen in die Nähe der Überspannungsquelle, bei den zu schützenden

Lasten oder an beiden Stellen eingebaut werden.

Drei Arten von Überspannungsschutzgeräten sind derzeit lieferbar. Schutzgeräte des Typs 1 (Blitzstromableiter) dienen zum Schutz vor Blitz-Überspannungen und werden in Gebäuden benutzt, die mit Freileitungen versorgt werden und auf dem Dach eine Blitzschutzanlage nach Norm EN 62305 besitzen. Überspannungsableiter des Typs 2 können in allen anderen Anlagen eingebaut werden und bieten Schutz vor durch Schalt-handlungen verursachten Überspannungen. Schutzgeräte des Typs 3 haben geringere Ableitfähigkeiten und werden vor allem zum lokalen Schutz von empfindlichen Geräten eingesetzt. Üblicherweise sollte man diese Typ 3-Geräte nur für einen zusätzlichen Schutz hinter Typ 2-Überspannungsableitern benutzen. Genauere Informationen über den Einsatz und die Auswahl von Überspannungsschutzgeräten finden Sie auf den Webseiten der Hersteller. Weitere Angaben enthalten die Britische Norm BS 7671 und die DIN IEC 60364-1 zum „Errichten von Niederspannungsanlagen“.

Der erste Schritt, um festzustellen, ob Ihre Anlage Störungen durch Transienten ausgesetzt ist, besteht in der Anschaffung eines Netzgüteanalysators und da Transienten fast immer nur zufällig auftreten, empfiehlt sich zusätzlich ein Datenlogger, so dass Aufzeichnungen über einen genügend langen Zeitraum gemacht werden können. Ein guter Analysator wird außerdem die Eingabe von Grenzwerten und Alarmschwellen ermöglichen, so dass Sie bei Auftreten einer entsprechend starken Überspannung die im Logger gespeicherten Daten auswerten und sich über Form und Dauer der Transiente informieren können, denn nur mit diesen Daten lässt sich der Verursacher leichter finden.



Netzgüteanalysator

Elektromagnetische Störungen

Elektromagnetische Störungen (engl. Abkürzung: EMI) werden manchmal noch unterschieden in leitungsgebundene und radiofrequente Störungen (eng.: RFI), die über Rundfunkwellen übertragen werden. Für unsere Zwecke benötigen wir diese Unterscheidung nicht, und sprechen daher im folgenden nur noch von „Elektromagnetischen Störungen“ (EMI) bzw. der „Elektromagnetischen Verträglichkeit“ (EMV).

Störungen durch elektromagnetische Wellen sind normalerweise weniger schädlich als Transienten. Manchmal führen sie zu zeitweiligen Störungen in Geräten, verursachen aber keine dauernden Schäden. Aber auch Störungen kosten Zeit und Geld, so dass es wichtig ist, sich um gute EMV zu kümmern.

Elektromagnetische Störungen (EMI) werden durch viele Strahlungsquellen verursacht, wie z.B. Radars, Radio- oder TV-Sender, Mobilfunksender, Mikrowellengeräte usw... aber auch durch natürliche Quellen wie Magnetstürme der Sonne, Polarlichter oder Gewitter. Externe EMI gelangen durch magnetische Induktion, elektrostatische Kopplung oder über Leitung in eine elektrische Anlage. Sie können aber auch innerhalb der Anlage selbst erzeugt werden, wenn angeschlossene Geräte die Normen für elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) nicht einhalten.

Geräte höherer Leistung und Beleuchtungsanlagen werden üblicherweise durch EMI nicht direkt gestört, elektronische Steuerungen solcher Anlagen können allerdings betroffen sein. Meistens machen sich EMI als Rauschen oder Zischen in Audiogeräten und als Bildstörungen in Fernsehgeräten bemerkbar. Aber auch Datenübertragungsnetze können durch EMI beeinträchtigt oder komplett gestört werden. Das kann zu Übertragungsfehlern oder sogar Datenverlust führen. Außerdem können EMI durch nahe beieinander verlegte Leitungen übertragen werden. Daher sollten Stromversorgungsleitungen und Datenkabel stets getrennt voneinander verlegt und gegebenenfalls geschirmte Leitungen verwendet werden.

Es gibt eine große Auswahl an Schutzeinrichtungen vor elektromagnetischen Störungen. Dazu gehören EMV-Filter und Netzfilter, Ferritkerne und Mikrowellenabsorber. Sie helfen allerdings nur gegen leitungsübertragene EMI. Hochwirksame Abschirmung, wie etwa der Einbau von empfindlichen Geräten in geerdete Metallkästen, ist der beste Schutz vor eingestrahlt oder induzierten EMI. Die optimale Lösung besteht also aus einer Kombination von Abschirmung und Filterung.

Wenn Sie also Probleme mit elektromagnetischen Störungen haben, ist es Zeit, sich einen Netzgüteanalysator anzuschaffen. Die EMI sind dann sichtbar als Wellen, die den Sinuswellen des Netzes überlagert sind. Diese treten allerdings nur zeitweise auf und daher ist eine Aufzeichnung der Daten über mehrere Tage oder Wochen unverzichtbar.

Spannungs-Unsymmetrie

Spannungs-Unsymmetrie ist ein Aspekt der Netzgüte, der oft nur wenig oder gar nicht berücksichtigt wird. Das ist sehr schade, denn Unsymmetrien in der Spannungsversorgung können schwere Folgen nach sich ziehen. Wenn in Ihrer Anlage nur Einphasen-Verbraucher angeschlossen sind, brauchen Sie sich mit Unsymmetrien nicht weiter zu beschäftigen und Sie können diesen Abschnitt überspringen. Wenn Sie allerdings mit Dreiphasen- oder Drehstromgeräten arbeiten, sollten Sie weiterlesen!



Durch Spannungs-Unsymmetrien verursachte Wicklungsschäden

Einphasige Lasten können zwischen einer Netz-Phase und dem Neutralleiter angeschlossen sein und entziehen dem Netz daher nur Leistung in einer Phase. Sie können auch zwischen zwei Phasen angeschlossen sein und belasten folglich zwei Netz-Phasen.

In jedem Fall werden die drei Phasen ungleich belastet und die Spannung der besonders belasteten Phase(n) sinkt. Diese Spannungs-Unsymmetrie wirkt sich auf alle an das betreffende Versorgungsnetz angeschlossenen Anlagen und Geräte aus.

Auch eine ungleiche Verteilung von selbst geringen einphasigen Lasten in einem Dreiphasensystem kann, wenn ihre Anzahl groß genug ist, eine Spannungs-Unsymmetrie hervorrufen. Dies passiert oft, wenn in eine ursprünglich ausbalancierte Elektroanlage später zusätzliche Stromkreise eingefügt wurden. Weitere Unsymmetrien können durch die ungleiche Verschlechterung der Leistung von Kondensatoren zur Blindleistungskompensation, oder durch deren Komplettausfall entstehen. Schließlich können zeitweilige Unsymmetrien durch anlageninterne oder bereits im Netz vorhandene Störungen in einer der Phasen hervorgerufen werden.

Für jede industrielle Anlage ist es sehr wichtig, mit ausgeglichenen Spannungen in den drei Phasen versorgt zu werden, besonders wenn dort Drehstrommotoren verwendet werden und diese nahe bei oder bei voller Leistung arbeiten. Bei einem voll ausgelasteten Motor können ungleiche Spannungen an den Anschlussklemmen zu 10-mal höheren Ungleichheiten der Ströme in den Phasen führen als bei den Spannungen. Das bedeutet, dass mit unsymmetrischen Spannungen versorgte Drehstrommotoren erheblich an Leistung verlieren, selbst wenn die Spannungsungleichheit relativ gering erscheint. Unsymmetrien bewirken außerdem Leistungseinbußen von Starkstromkabeln durch Wicklungsverluste (I^2R).

Gemäß IEC ist die Spannungs-Unsymmetrie definiert als das Verhältnis zwischen Gegensystem-Spannung zur Mitsystem-Spannung. In kurzen Worten erklärt, kann man die drei Spannungen in einem Dreiphasensystem mathematisch als die Summe von Mitsystem-, Gegensystem- und Verlagerungsspannung bezeichnen. Mitsystem-Spannungen erzeugen im Motor einen Magnetfluss, der sich in Richtung der vorgesehenen Motordrehrichtung dreht, während Gegensystem-Spannungen einen entgegengesetzten Magnetfluss erzeugen. Da die Mitsystem-Spannungen stets sehr viel größer sind als die Gegensystem-Spannungen, dreht sich der Motor in die richtige Richtung (vorausgesetzt, der Motor wurde richtig angeschlossen!).

Die von den Gegensystem-Spannungen erzeugten gegensinnigen Drehfelder führen zu einer zusätzlichen Erwärmung der Motorwicklungen, die möglicherweise die Isolierung beschädigen und den Motor frühzeitig ausfallen lassen. Der ständige Betrieb eines Elektroantriebs bei einer um 10 °C höheren Temperatur als der normalen Betriebstemperatur kann dessen Lebensdauer auf die Hälfte verkürzen, was logischerweise viel Geld kostet. Die Bedeutung dieses Problems wird klar, wenn man sich die große Zahl von Anbietern ansieht, die Geräte zur Überwachung von Spannungs-Unsymmetrien entwickeln und vermarkten, um Motoren zu schützen.

So wie die Antriebe selbst, verfügen auch viele elektronische Motorsteuerungen und -umrichter über Bauteile, die empfindlich auf Spannungs-Unsymmetrien reagieren. Je nach Produkt schützen sie sich selbst und den Motor durch Abschalten, wenn sie eine große Unsymmetrie entdecken. Dadurch lassen sich zwar Schäden verhindern, aber Fertigungsunterbrechungen sind auch teuer. Bei weniger intelligenten Produkten, die nicht automatisch abschalten, sind Spannungs-Unsymmetrien vielfach die Ursache für frühzeitige Ausfälle von Front-End-Dioden und Zwischenkreis-kondensatoren.

Unterbrechungsfreie Stromversorgungen (USVs) und Umrichter funktionieren auch weniger effizient, wenn sie Spannungs-Unsymmetrien ausgesetzt sind. Sie neigen oft zu erhöhter Welligkeit an den Gleichstrom-Ausgängen und erzeugen Oberschwingungsströme im Versorgungsnetz.

Da Spannungs-Unsymmetrien so viele Schäden verursachen können, kümmern sich viele nationale und internationale Normen um diese Frage. Die IEC-Norm 60034-1 fordert beispielsweise, dass die Stromversorgung von drehenden elektrischen Maschinen höchstens 1 % Gegensystem-Spannungen enthalten. Die EN 50160 sagt dagegen, dass die Spannungs-Unsymmetrien bis zu 3 % betragen können, und dass in einem akzeptablen Versorgungssystem unter normalen Betriebsbedingungen im Verlauf einer Woche 95 % alle über jeweils 10-Minuten gebildeten Unsymmetriewerte bis zu 2% betragen dürfen.

Erfreulicherweise kann man die Symmetrie von Spannungen und Strömen in einem Netz mit einem Leistungs- und Energie-Recorder (PEL) leicht messen und Unsymmetrien somit einfach entdecken. Mit einem PEL am Netzanschlusspunkt lässt sich die Belastung der Phasen in der gesamten Elektroanlage überwachen und man kann sehen, wie sie sich während des Normalbetriebs im Verlauf des Tages oder der Woche verändern. Ein PEL ist transportabel und kann überall in der Anlage schnell unterbrechungsfrei angeschlossen werden, um Spannungen und Ströme einzelner Lasten zu messen. So kann die Belastung innerhalb einer Anlage effizient ausgeglichen werden. Außerdem lassen sich mit einem PEL auch weitere Parameter der Netzqualität überwachen, wie etwa Oberschwingungen und der Leistungsfaktor.



PEL103 Leistungs- und Energie-Recorder

Zur Verringerung von Spannungs-Unsymmetrien und ihrer schädlichen Folgen gibt es zwei Wege: Einmal die Aufteilung von großen Einphasen-Verbrauchern auf verschiedene Stromkreise und deren Anschluss möglichst nahe bei der Netzeinspeisung. Dadurch können einphasige Lasten keine Spannungseinbrüche in den Zuleitungen zu anderen Verbrauchern verursachen. Der zweite Schritt besteht darin, alle einphasigen Lasten, starke und schwache, gleichmäßig auf die drei Phasen zu verteilen. So können Sie eine Menge Probleme vermeiden und Geld sparen.

Leistungsfaktor

Leistungsfaktoren werden oft, ebenso wie Spannungs-Unsymmetrien, nicht als wichtige Aspekte der Spannungsqualität betrachtet. Das sollten sie aber, denn schlechte Leistungsfaktoren kommen sehr oft vor. Das bedeutet, dass Unternehmen viel Geld für Energie ausgeben, die sie nicht wirklich benötigen. Mit wenig Geld und geringem Aufwand lässt sich das vermeiden!

Probleme mit Leistungsfaktoren sind nichts Neues; seit Jahrzehnten ergreifen erfahrene Elektroingenieure, die sich um industrielle und gewerbliche Elektroinstallationen kümmern, Maßnahmen, um den Leistungsfaktor in ihren Anlagen zu verbessern. Aber heute beschäftigen immer weniger Unternehmen solche Ingenieure und denken nicht an den Leistungsfaktor. Dadurch steigen die Stromrechnungen unvermeidlich.

Aber was ist eigentlich ein Leistungsfaktor, und warum ist er so wichtig? Die Erklärung ist, dass einige elektrische Anlagen und Geräte in industriellen und gewerblichen Anwendungen zusätzlich zur aktiven Leistung (der sog. Wirkleistung), die sie Ausführung ihrer Aufgabe benötigen, eine inaktive Leistung (die sog. Blindleistung) verbrauchen. Das ist oft der Fall bei induktiven Lasten, d.h. Geräten mit Wicklungen zur Erzeugung magnetischer Felder. Dazu gehören etwa Elektromotoren, Induktionsöfen, Lichtbogen-Schweißgeräte, Kompressoren und die meisten Leuchtstoff-Lichtsysteme. Es ist wichtig zu verstehen, dass Blindleistung dem Benutzer solcher Geräte überhaupt nichts bringt. Technisch gesehen ist Blindleistung die Vektordifferenz zwischen der „echten“ Wirkleistung und der gesamten verbrauchten Leistung, die man als Scheinleistung bezeichnet. Der Leistungsfaktor (bei sinusförmigen Spannung auch als Wirkfaktor oder $\cos \phi$ bekannt) gibt das Verhältnis zwischen Wirkleistung und Scheinleistung an. Geräte mit einem schlechten (oder niedrigen) Leistungsfaktor verbrauchen mehr Leistung als Geräte mit einem guten (oder hohen) Leistungsfaktor für die gleiche Arbeit. Da höhere Ströme auch höhere Energieverluste im elektrischen Verteilungssystem bedeuten, verlangen die Energielieferanten von Kunden mit schlechten Leistungsfaktoren auch höhere Gebühren.

Blindleistung wird gemessen in kVAr (Kilovolt-Ampère reaktiv), Wirkleistung wird in kW (Kilowatt) angegeben und die Scheinleistung in kVA (Kilovolt-Ampère).



Weniger technisch gesprochen, kann man diese Situation mit einem Glas Bier vergleichen. Wenn Sie eine Halbe Bier vom Fass bestellen, bezahlen Sie das ganze Glas, das entspricht der Scheinleistung. Das Bier hat aber eine Schaumkrone! Das flüssige Bier, das Sie tatsächlich trinken, wäre also die Wirkleistung und der Schaum wäre dann die Blindleistung. Eine Halbe Bier, mit flüssigem Bier gefüllt bis zum Eichstrich des Glases, entspricht damit einem Leistungsfaktor 1,0 und hat keine Blindleistung. Oft ist dies nicht der Fall, und ein Leistungsfaktor von 0,95 (d.h. 95 % Bier und 5 % Schaum) wird auch noch akzeptiert (schließlich möchte niemand ein Glas Bier ganz ohne Schaum).

Soweit so gut, wenn aber elektrische Geräte Blindleistung verbrauchen, was kann man dagegen tun? Glücklicherweise gibt es genug Systeme zur Blindleistungskompensation. Sie bestehen meistens aus einer Reihe von Kondensatoren, die im Hauptanschlussverteiler oder manchmal in der Nähe der Blindleistung erzeugenden Geräte eingebaut sind.

Viele Elektroanlagen sind bereits mit einer Blindleistungskompensation (BLK) ausgerüstet, aber damit hat man nicht ein für alle Mal ausgesorgt. Wenn neue Gerät hinzugefügt werden oder alte durch neue ersetzt, kann es sein, dass die vorhandene BLK nicht mehr ausreicht. Außerdem können die in der BLK vor vielen Jahren eingebauten Kondensatoren nicht mehr ihre volle Leistung erbringen und müssen dann ersetzt werden. Die englische Umweltschutz-Organisation „The Carbon Trust“ hat herausgefunden, dass zahlreiche Industrieanlagen mit hohen Blindleistungsanteilen arbeiten und daher nur Leistungsfaktoren zwischen 0,7 und 0,8 erreichen. Dies ist eigentlich überraschend und völlig unnötig, da die Messung des Leistungsfaktors überhaupt nicht schwierig ist. Es gibt tragbare Prüfinstrumente oder stationäre Überwachungssysteme, die den Wert ständig anzeigen und speichern, zusammen mit anderen wichtigen Parametern, wie Spannung, Strom und Energieverbrauch.

Die Einrichtung einer guten BLK erfordert zwar die Kenntnis einiger Faktoren, wie die jeweils benötigten Spannungen, die üblichen Einsatzprofile von Blindlasten in der Anlage, den Verlauf des Energieverbrauchs und die für die angeschlossenen Geräte erforderliche Netzqualität, aber alle diese Größen lassen sich einfach messen oder berechnen. Eine gut konzipierte BLK kostet praktisch nur einen Bruchteil der Einsparungen, die sie ermöglicht.

Die einfachste Lösung für eine BLK besteht aus dem Einbau von Kondensatoren. Aber auch dabei sollte man den Markt untersuchen und Experten um Rat bitten, um ein System zu finden, das genau Ihre besonderen Anforderungen erfüllt. Wenn eine einzelne Maschine einen schlechten Leistungsfaktor aufweist, können Sie parallel zu ihr Kondensatoren anschließen, so dass sie den schlechten Leistungsfaktor ab dem Einschalten der Maschine kompensieren. Wenn der Leistungsfaktor einer ganzen Anlage ständig schlecht ist, und keine einzelnes Gerät dafür allein verantwortlich ist, kann eine stationäre BLK direkt am Hauptanschluss eingebaut werden.

In komplexeren Anlagen, in denen viele Maschinen zu verschiedenen Zeiten ein- oder ausgeschaltet werden, kann sich der Leistungsfaktor ständig verändern. In diesem Fall muss die BLK automatisch je nach Bedarf gesteuert werden, indem sie die erforderlichen Kondensatorreihen entsprechend zu- oder abschaltet. In Anlagen mit großen nicht-linearen Lasten und den damit verursachten Oberschwingungsströmen, kann es notwendig sein, unverdrosselte BLK-Systeme zu installieren. Auf dem Markt finden sich viele Lösungen hierfür, aber im Zweifel sollte man hierfür stets den Rat von Experten einholen.

Qualität zählt!

Wir von Chauvin Arnoux hoffen, dass wir mit dieser Informationsschrift einige Rätsel des komplexen Themas „Netzqualität“ lösen konnten und warum Netzqualität so wichtig ist. Wenn Sie ein Unternehmen besitzen oder leiten, bestehen keine Zweifel darüber, dass Sie auf höchste Qualität der Produkte und Dienstleistungen achten, die Sie für Ihr Geschäft einkaufen, und dasselbe gilt natürlich auch für die Energie, die Sie beziehen. Schließlich stellt die Stromrechnung einen wesentlichen Anteil Ihrer Ausgaben dar.

Wir haben gesehen, dass die Netzqualität auf vielerlei Weise beeinträchtigt sein kann, und dass das oft negative und kostspielige Folgen hat. Wir haben aber auch gezeigt, dass die Qualität Ihres Versorgungsnetzes einfach geprüft und überwacht werden kann – vorausgesetzt, Sie setzen dafür die richtigen Geräte ein. Nachdem Sie so die Probleme erkannt haben, stehen geeignete und bezahlbare Lösungen dafür bereit.

Wir haben versucht, die Informationen in diesem Papier so deutlich wie möglich darzustellen, aber Netzqualität ist ein komplexes Thema! Wenn Sie also weitere Informationen zu den oben beschriebenen Problemen benötigen, oder wenn Sie Hilfe bei der Überwachung Ihres eigenen Versorgungsnetzes brauchen, zögern Sie nicht, mit uns Kontakt aufzunehmen. Ein Gespräch mit Chauvin Arnoux kostet Sie nichts, aber es kann Ihre Ausgaben verringern und Ihre Profitabilität steigern!

Julian Grant





DP4158 - DE - FM

DEUTSCHLAND
Chauvin Arnoux GmbH
 Ohmstraße 1
 77694 KEHL / RHEIN
 Tel.: +49 7851 99 26-0
 Fax: +49 7851 99 26-60
 info@chauvin-arnoux.de
 www.chauvin-arnoux.de

ÖSTERREICH
Chauvin Arnoux Ges.m.b.H
 Gastgebegasse 27
 1230 WIEN
 Tel.: +43 1 61 61 9 61
 Fax: +43 1 61 61 9 61-61
 vie-office@chauvin-arnoux.at
 www.chauvin-arnoux.at

SCHWEIZ
Chauvin Arnoux AG
 Moosacherstrasse 15
 8804 AU / ZH
 Tel.: +41 44 727 75 55
 Fax: +41 44 727 75 56
 info@chauvin-arnoux.ch
 www.chauvin-arnoux.ch

INTERNATIONAL
Chauvin Arnoux
 12-16 rue Sarah Bernhardt
 92600 Asnières-sur-Seine
 Tel.: +33 1 44 85 44 38
 Fax: +33 1 46 27 95 59
 export@chauvin-arnoux.fr
 www.chauvin-arnoux.com

