Störungen im EDV-Netz

Autor(en): **Appel, Bodo / Iten, Peter**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des associations Electrosuisse, AES**

Band (Jahr): **98 (2007)**

Heft 15

PDF erstellt am: **04.06.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-857458

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Störungen im EDV-Netz

Unerwünschte Ableitströme aus dem Energieversorgungsnetz

Oberschwingungen und hochfrequente Ströme sind in Versorgungsnetzen allgegenwärtig – mit grosser Sicherheit auch auf IT-Netzverkabelungen, wo sie nicht erwartet werden. Schaltnetzteile von Computern oder Frequenzumrichter von Antrieben verursachen die Störungen. Um sie zu beseitigen, müssen sie zuerst gemessen und lokalisiert werden – was mit den üblichen Messgeräten aber recht einfach ist.

Moderne elektrische Verbraucher benötigen intern Gleichströme, seien es USV-Anlagen, PCs, Monitore, Drucker, Energiesparlampen, elektronische Vorschaltgeräte oder Antriebsumrichter. Allen gemeinsam sind die modernen Netzgeräte, die den 230-V-Wechselstrom erst gleichrichten, bevor sie ihn in der Schaltwandlerstufe weiter umformen zur gewünschten DC-Ausgangsspannung. Der Glättungskondensator in Verbindung mit dem Eingangsgleich-

Bodo Appel, Peter Iten

richter in allen handelsüblichen Netzgeräten bewirkt dabei, dass der Strom pulsförmig gezogen wird. Dies ist vor allem dann ein Problem, wenn die Netzteile in Massen auftreten – mit anderen Worten: überall in gewerblichen und industriellen Bereichen.

Dies führt, ungewollt und vielfach unerkannt, zu netzfrequenten Oberschwingungen. Das in Bild 1 gemessene Spektrum ist typisch für die pulsförmigen Ströme, die von Gleichrichterschaltungen aufgenommen werden. Besonders die Anteile der dritten und fünften Oberschwingung sind hoch. Insgesamt ist der Oberschwingungsgehalt oft grösser als der Grundschwingungsanteil von 50 Hz. Auf die Spannung entsteht eine Rückwirkung: Der Sinus im oberen bzw. unteren Maximum wird abgeflacht. Dies ist die Rückwirkung durch den Spannungsabfall, den der kurze, aber hohe Impuls verursacht. Der Puls ist zudem ca. 3-mal so hoch wie eine rein sinusförmige Energieaufnahme bei gleicher Leistung. Der Grund liegt in der Kürze des Pulses; in dieser Zeit muss die gleiche Energiemenge aufgenommen werden wie bei einem sinusförmigen Laststrom.

Bild 1 rechts zeigt die Verhältnisse der Oberschwingungen zur Grundschwingung, allein die dritte Oberschwingung hat hier mit 303 A bereits einen Anteil von 82%. Der gesamte Oberschwingungsgehalt beträgt hier 108%.

Typische Schäden

In den aktiven Leitern, im PEN- oder Neutralleiter, in angeschlossenen Verbrauchern und Kondensatorkompensationsanlagen entstehen häufig unerwartete Schäden durch die Oberschwingungen: Motoren überhitzen, Neutralleiter werden überlastet und lösen im ungünstigsten Fall einen Brand aus.

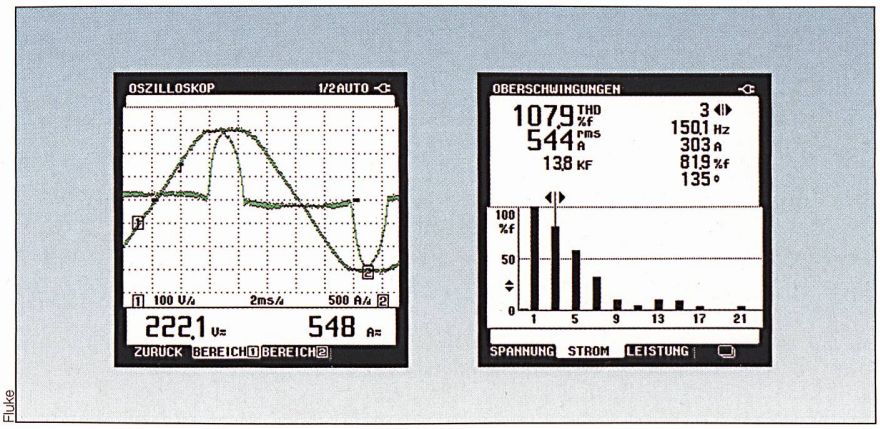
Im Neutralleiter addieren sich die durch drei teilbaren Oberschwingungen. Dieser leitet die Ströme ab und wird dadurch – meist unerkannt – überlastet. Wenn er abbrennt, verlagert sich die Spannung des offenen Sternpunktes, was verheerend ist für die angeschlossenen Geräte. Ebenfalls besteht die Gefahr eines Brandes durch den überhitzten Neutralleiter (Bild 2).

Die Oberschwingungen können sogar Kompensationsanlagen zerstören. Diese «saugen» die höheren Ordnungszahlen regelrecht an. Ein hoher Anteil Oberschwingungen im Kondensatorstrom der Kompensationsanlage erhitzt und zerstört diesen schliesslich, was neben dem Anlagenschaden ebenfalls zu einem Brand führen kann.

Verschleppte Ströme im Haus

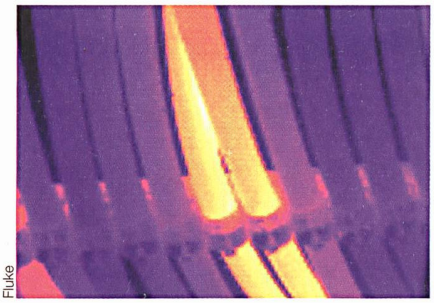
Die häufig vorhandene TN-C- oder TN-C-S-Netzstruktur bewirkt, dass Betriebsströme ins PE- und Potenzialausgleichssystem fliessen und damit in Datenleitungen, Gebäudearmierungen, Rohrleitungen und sonstige geerdete Teilen verschleppt werden (Bild 3).

Die kritischen Punkte liegen an den Hauptverteilungen, bei denen sich das 4-Leiter- auf ein 5-Leiter-Netz verzweigt (TN-C auf TN-S): An diesen Stellen werden die Störströme in das PE/PA-System eingetragen. Diese sind zumeist Netzfrequent (d.h. 50 Hz bis ca. 2,5 kHz), enthalten aber auch zunehmend hochfrequente Anteile (bis weit in den Megahertzbereich), die über EMV-Filter, beispielsweise von Schaltnetzteilen, in den PE abgeleitet werden. Im netzfre-



Fluke

Bild 1 Spannung und Strom von Gleichrichtern auf Netzseite.
Links: Der Strom fliesst pulsförmig, die Netzspannung flacht im Scheitel deutlich ab. Rechts die Zerlegung des Stroms in seine Oberschwingungen.



Fluke

Bild 2 Wärmebild einer Spannungsversorgung. Verursacht durch die kumulierten Oberschwingungsströme, überhitzen die Neutralleiter.

quenten Bereich dominiert dabei zumeist die dritte Oberschwingung aus den Netzteilen, im hochfrequenten Bereich liegen die Störungen meist um

- 8–16 kHz (Motorantriebe),
- 20 kHz (Zerhackerfrequenz von USV-Anlagen),
- 50–120 kHz (Lampen mit EVGs),
- 0,1–1,5 MHz (Wandlernetzteile).

Die Störungen, die sie verursachen, reichen von Datennetzstörungen über unmotiviert schwankende Datennetzbelastungen und einen unerklärlich reduzierten Datendurchsatz bis zur Zerstörung von Schnittstellen und PC-Komponenten. Die verschleppten Ströme verfälschen Speicherinhalte und führen zu Zugriffsproblemen beim Cache und BIOS – was schlussendlich zu Rechnerabstürzen und defekten Festplatten führt. Durchfliessen grosse Ströme das Gebäude, stören dessen Magnetfelder schon mal einen Monitor, der zu flimmern beginnt. Zudem führen sie zu Korrosion an Rohrleitungen und Eintrag von Metallionen ins Trinkwasser. Wenn durch die Schäden Rechenzentren oder Produktionsanlagen ausfallen, entstehen Kosten in Millionenhöhe.

Leistungsverluste kosten auch

Es muss aber nicht immer der schlimmste Fall eintreten, bevor es etwas kostet. Oberschwingungen erzeugen zusätzliche Verluste in magnetischen und elektrischen Komponenten. Die so verursachten Kosten belaufen sich auf mehrere Prozent der jährlichen Stromrechnung. Nur werden diese nicht erkannt, denn der Zähler unterscheidet nicht zwischen sinnvoll verbrauchter Wirkarbeit und sinnlos verbrauchter Verlustarbeit.

Mantelströme im Datenkabel

Geschirmte Datenleitungen müssen besonders beachtet werden, denn hier können erhebliche Mantelströme auftreten, die nicht Idee einer EDV-Abschirmung sind. Die Messung in Bild 4 bestätigt, dass erhebliche Ströme über die Schirme verschleppt werden. Bild 4 rechts zeigt einen typischen Mantelstrom auf einer Datenleitung, gemessen mit einer normalen Stromzange an einem Oszilloskop. Mit 50 Hz hat dieser nicht mehr viel zu tun, wie das Oszillogramm der rechten Seite klar zeigt. Die Spitzen des Gleichrichtervorgangs in den Schaltnetzteilen finden sich hier deutlich sichtbar wieder. Der Betrag von 160 mA sieht nach wenig aus, ist jedoch für eine einzelne Datenleitung klar zu hoch. Besonders beachtenswert ist der Spitze/Spitze-Wert, geht doch die induktive Wirkung vom Abstand der Maxima aus. Und das sind auf dieser einen Leitung schon 0,71 Ampere, und es sind Hunderte von Datenleitungen! Damit besteht eine deutliche Gefährdung der Schnittstellen sowie des Rechnerbetriebs. Der Strom fliesst in die angeschlossenen und geerdeten Server, Switches, Router und PC-NIC-Interfacekarten. Unerklärliche Ausfälle mit typischer Regelmässigkeit sind die Folge.

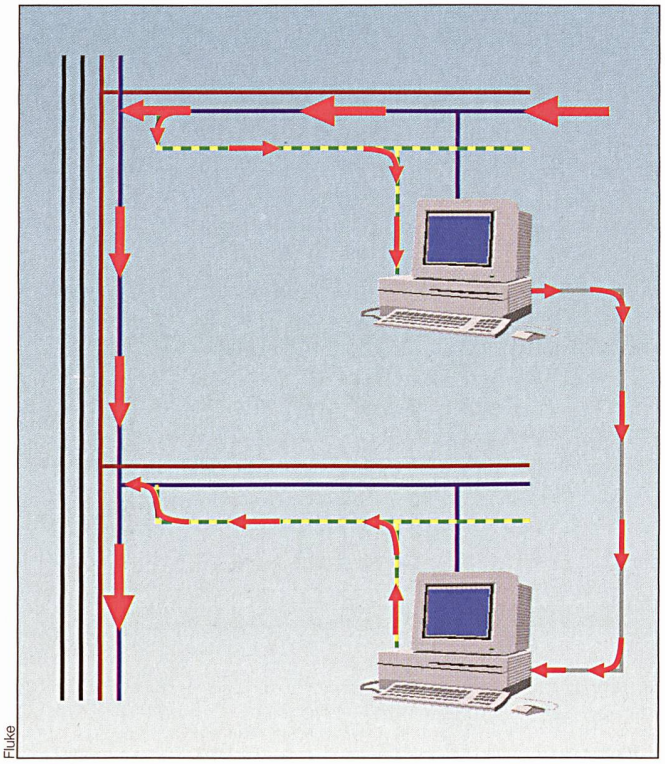
Datenleitungen dürfen keinen Mantelstrom führen. Dies gilt im Übrigen für alle vergleichbaren Fälle, also auch in einer Büro- und Heimrechnerumgebung.

Warum die Kompensationsanlage nichts nützt

Klassische Blindleistung wird durch eine Kompensationsanlage aufgehoben, da sie auf Energiespeicherung über je eine Halbperiode beruht. Die induktiven Elemente speichern Energie im magnetischen Feld, die kapazitiven im elektrischen Feld. Kondensator und Spule können so beispielsweise auch als Schwingkreise eingesetzt werden. Oberschwingungen jedoch können durch kapazitive Kompensationsanlagen nicht aufgehoben werden, da sie nicht auf Energiespeicherung beruhen. Ein gutes Beispiel zum Verständnis ist der Dimmer mit Glühlampe: Er produziert im Phasenanschnitt erhebliche Oberschwingungsblindleistung, enthält jedoch keine Energiespeicher – weder der Triac noch die Glühbirne sind elektrische Energiespeicher. Diese Oberschwingungsblindleistung ist unabhängig von der Grundschwingungsblindleistung und kann nur durch angepasste Massnahmen wie aktive Netzfilter kompensiert werden.

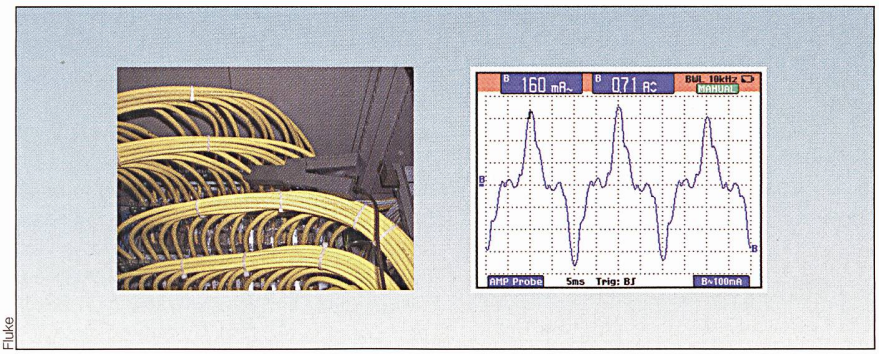
Die Kondensatoren von Kompensationsanlagen erleiden jedoch Schäden durch Oberschwingungen, da sie diese durch ihr Impedanzverhalten quasi «ansaugen». Die Folge sind Überhitzungen und Brände von Kompensationsanlagen. Daher ist die Messung der Ströme, die von Kompensationsanlagen aufgenommen werden, enorm wichtig. Zur Vorbeugung sollten zusätzlich – als schnelle Inspektion – mit einer Wärmebildkamera die Anlagen untersucht werden.

Die Messung in Bild 5 zeigt dies: Links wird ein Cos-φ von 1,0 ausgewiesen, die Messwerte von Wirk- und Scheinleistung



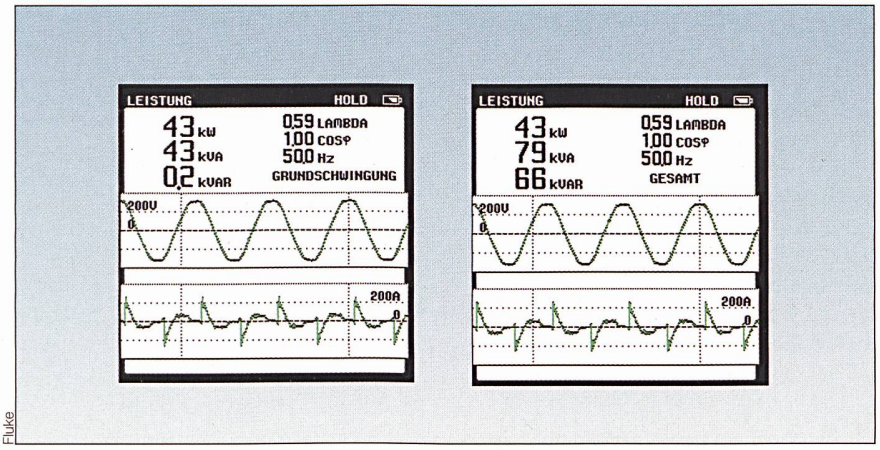
Fluke

Bild 3 Ausbreitungswege von Störströmen im TN-C-Netz [3]. Der durch den Neutralleiter zurückfliessende Strom aller Geräte (Computer, Lampen ...) teilt sich beim Stockwerkverteiler und fliesst einerseits weiter über den Neutralleiter, aber auch über Erdleiter, Computer und Netzwerkleitungen in den nächsten Stockwerkverteiler.



Fluke

Bild 4 Mantelstrommessung auf einem UGV/EDV-Kabel.
Rechts die sinusförmigen Ableitströme auf dem Kabelmantel – verformt durch Oberschwingungen.



Fluke

Bild 5 Leistungsmessung
Links ohne, rechts mit Berücksichtigung der Oberschwingungen.

sind gleich. Die Blindleistung ist gering. Erst in Bild 5 rechts wird deutlich, dass eine erhebliche, nicht kompensierbare Blindleistung vorhanden ist. Betrachtet man nämlich den Leistungsfaktor Lambda, so fällt auf, dass dieser mit nur 0,59 viel zu niedrig ist. Links ist die Messung bewusst auf die Grundschwingung eingeschränkt; erst durch die Umschaltung auf die Messart «Gesamt» wird die Oberschwingungsblindleistung berücksichtigt. Die Messart «Grundschwingung» dient zur Ablesung der mit Kondensatoren kompensierbaren Blindleistung. Zur Kompensation der Oberschwingungsblindleistung werden aktive Systeme notwendig [3].

Hochfrequente Ableitströme = EMV-Probleme

Schaltnetzteile und Frequenzumrichter bieten Vorteile hinsichtlich Wirkungsgrad, Baugrösse und Kosten durch energiesparenden Einsatz. Die steilen Impulse der Zerhackerstufen enthalten jedoch hohe Frequenzanteile. Diese hochfrequenten Oberschwingungen führen zu Problemen mit der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV). Um sie von Netz- und Verbraucher- bzw. Motorseite fernzuhalten, werden Filter mit Längsinduktivitäten und Kondensatoren gegen PE bzw. PEN eingesetzt. Über diese Kondensatoren fliessen erhebliche Ableitströme, die auf ihrem Weg durch das Potenzialausgleichsystem Steuerungen, EDV, IT-Netzwerke und weitere Verbraucher stören.

Bei Rechnersystemen sind Filter vorgeschrieben, in der Antriebstechnik werden die Filter aus Kostengründen oft eingespart – was das Problem verschlimmert. Ohne den Einsatz von Filtern gelangen die hochfrequenten Stromanteile direkt in die Phasenleiter (Eingangsseite) bzw. den Abschirmmantel des Motorkabels (Ausgangsseite). Diese Ableitung geschieht über die Kapazitäten Leiter/Schirmung des Kabels zum Motor. Über die Schirmerdung fliessen sie dann wieder in das PE/PA-System.

Hochfrequente Streuströme tragen einen erheblichen Anteil zu Netzwerk- und Anlagenstörungen bei. Ihre Ausbreitungswege sind einerseits galvanisch (Bild 3), aber auch kapazitiv und induktiv. In reinen IT-Umgebungen sind die hauptsächlichen Ursachen die Ableitströme über die EMV-Filter der Schaltnetzteile; hier sind die Pulsfrequenzen (und damit auch die Störanteile) noch wesentlich hochfrequenter als bei Umrichtersystemen.

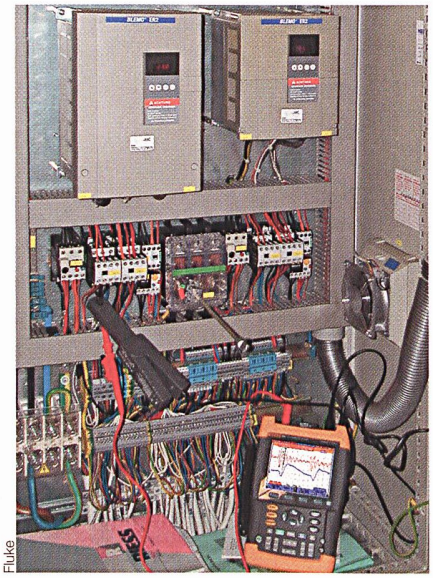
Messung der Ableitströme

Die Stromzange in Bild 6 ist für die Messung des Ableitstroms über alle drei Phasen gelegt. Die Ableitströme gegen Erdpotenzial entstehen durch die Kabel- und Wicklungskapazitäten und enthalten praktisch nur die hohen Frequenzen. Sie fliessen zum einen zur Abschirmung des Kabels ab, zum anderen im Motor von den Wicklungen gegen das Eisen. Sie belasten nicht nur die Isoliermaterialien, sondern müssen auch vom Umrichter zusätzlich aufgebracht werden, was dessen Halbleiter beansprucht und höhere Energieverluste verursacht. Sie nehmen erhebliche Werte an, wie Bild 7 zeigt.

Um den Ableitstrom zu messen, wird mit einer breitbandigen Stromzange der Summenstrom erfasst. Bild 7 verdeutlicht die Höhe der Stromimpulse. Die Cursorvermessung weist Nachschwinger mit 1,25 MHz aus. Solche Signale bilden ein erhebliches EMV-Störpotenzial. Um dieses zu bewerten, muss das Spektrum des Signals analysiert werden. Die meisten Oszilloskope berechnen es per Knopfdruck. So kann der Techniker auch die Ausbreitungswege einfach verfolgen.

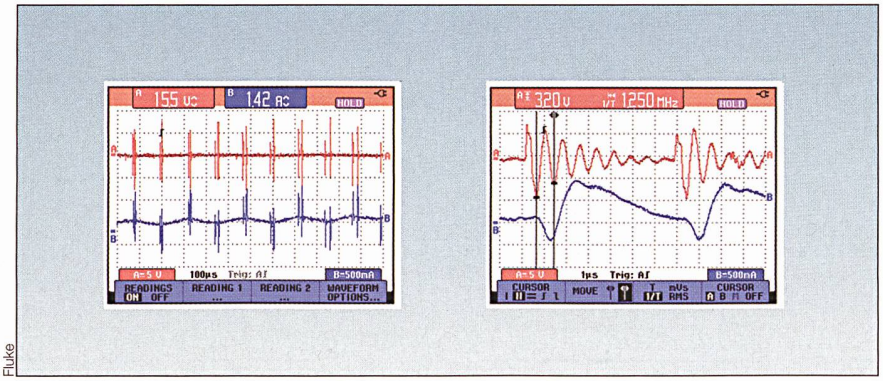
Kein Gerätepark nötig

Um die Netzqualität und insbesondere die Belastung durch Oberschwingungen zu messen, braucht es keinen Gerätepark.



Fluke

Bild 6 Messung des Ableitstroms eines Frequenzumrichters
Die Stromzange liegt über allen 3 Phasen und erfasst so den Summenstrom der Ausgangskabel



Fluke

Bild 7 Ableitstrom aus der Messung nach Bild 6
Die Schaltvorgänge im Umrichter erzeugen Spannungs- und Strompulse mit steilen Flanken – mit Frequenzanteilen bis in den Megahertzbereich. Diese fliessen über die Abschirmung und das Eisen des Motors ab.

Alle Funktionen sind mit den gängigen Netz- und Stromversorgungsanalysatoren oder mit portablen Oszilloskopen abgedeckt. Diese müssen netz- und hochfrequente Oberschwingungen erkennen sowie die beiden Leistungsfakturen Cos-φ und Lambda messen können. Die Spektrumanalyse erleichtert die Suche nach Verursacher und Ausbreitungswegen. Aus den Messdaten lässt sich dann abschätzen, wie die Anlage umgebaut oder Filter dimensioniert werden müssen. Eine Wärmebildkamera leistet zudem Hilfe im Bereich der vorbeugenden Instandhaltung, da Anomalien dank regelmässiger Wärmebilder frühzeitig erkannt werden, bevor teure Ausfälle drohen oder für den Betrieb schmerzhafte Wartungsabschaltungen vorgenommen werden müssen.

Die messtechnische Seite ist leicht zu beherrschen. Zur Fehlerabhilfe besteht ein breites Portfolio an Möglichkeiten, zur optimalen Wirksamkeit sind diese individuell auf die Störungen in der jeweils betroffenen Liegenschaft/Gebäudeteil abzustimmen. Damit können in bestehenden Liegenschaften hohe Umbaukosten eingespart werden. Bei Neubauten sollten schon bei der Planung und Ausschreibung die speziellen Gegebenheiten des IT-Netzwerks und dessen Energieversorgung berücksichtigt werden.

Résumé

Pannes dans le réseau informatique

Courants de fuite non souhaités du réseau d'alimentation en énergie. Les harmoniques et courants haute fréquence sont omniprésents dans les réseaux d'alimentation – et très certainement aussi sur les câblages informatiques qui ne les apprécient pas énormément. Les convertisseurs continu-continu des ordinateurs ou convertisseurs de fréquence de transmissions sont à l'origine des pannes. Pour les éviter, ils doivent d'abord être mesurés et localisés – ce qui est très simple avec les appareils de mesure courants.

Referenzen

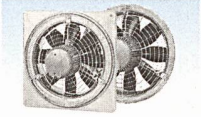
[1] Bodo Appel: Vagabundierende Gleichströme in Neutralleitern und Gebäudeerdungen, ETZ 19/2002, VDE-Verlag, S. 26–29.
[2] Bodo Appel: Vagabundierende Wechselströme in Neutralleitern und Gebäudeerdungen, Building & Automation 6/2002, VDE-Verlag, S. 11–12.
[3] Rücklaufende Wirkleistungen durch Oberschwingungen: die unbekannte Kostenfalle.
[4] DIN EN 50160.
[5] Harald Noll: Die VerPENte Elektroinstallation, Powerpoint-Präsentation, Städtische Werke Kassel 2003.
[6] Bodo Appel: Systematisches Aufspüren sporadisch auftretender Fehler, MSR Magazin 10/1998, Vereinigte Fachverlage, S. 32–33.

Angaben zu den Autoren

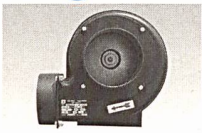
Dr.-Ing. Bodo Appel ist Marketingmanager Industrie- und Energiemesstechnik bei Fluke Deutschland. Er ist zudem von der Industrie und Handelskammer Kassel (D) öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Messtechnik in der Energieversorgung, Netzqualität und elektrische Umfeldbeeinflussung.
Fluke Deutschland GmbH, D-34123 Kassel, bodo.appel@fluke.com

Peter Iten ist Geschäftsführer der Firma Fluke Schweiz.
Fluke Switzerland GmbH, 8304 Wallisellen, peter.iten@fluke.com

ANSON liefert gut und preisgünstig:



ANSON Ventilatoren
mit Flanschplatte, Wandring, Kanal- oder Rohr-Anschluss. Alle Stromarten. Auch Ex-geschützt 800–25000 m³/h. Vom Spezialisten:



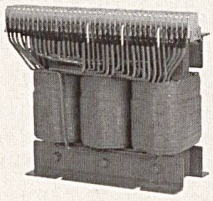
Radial-Gebläse bester Qualität
Bewährt im Apparatebau! 0.4–70 m³/min. Mit viel konstruktionsvereinfachendem Zubehör. Fragen Sie:

Ventilatoren und Gebläse energiesparend
betreiben mit modernsten Schaltern und Steuerungen: Manuell, zeit-, druck-, temperatur-, bewegungsabhängig etc. Von:

ANSON 044/461 11 11
8055 Zürich Friesenbergstr. 108 Fax 044/461 31 11
ISO 9001

B

LEISTUNG ZU ERFOLG TRANSFORMIEREN



- optimiert
- vielseitig
- langfristig
- günstig

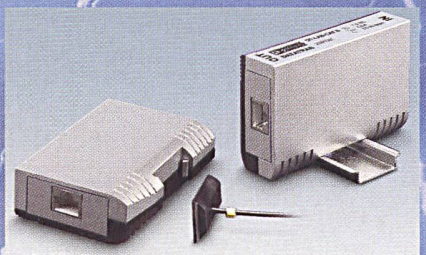
umfangreiches Programm
kurze Lieferzeiten

HUBER Transformatoren AG
Tel. 043 411 70 00, Fax 043 411 70 19
mailbox@hubertrafo.ch
www.hubertrafo.ch

fachbeiträge

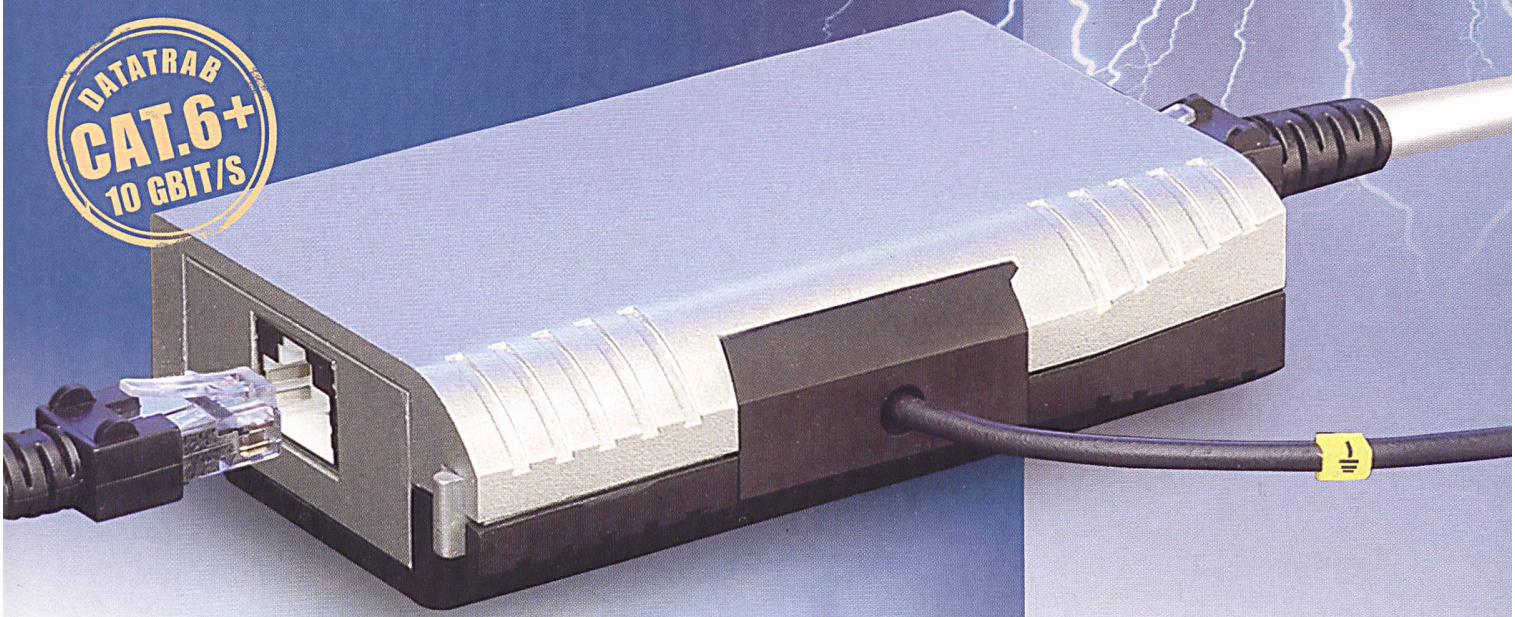
HIGHSPEED-Schutz

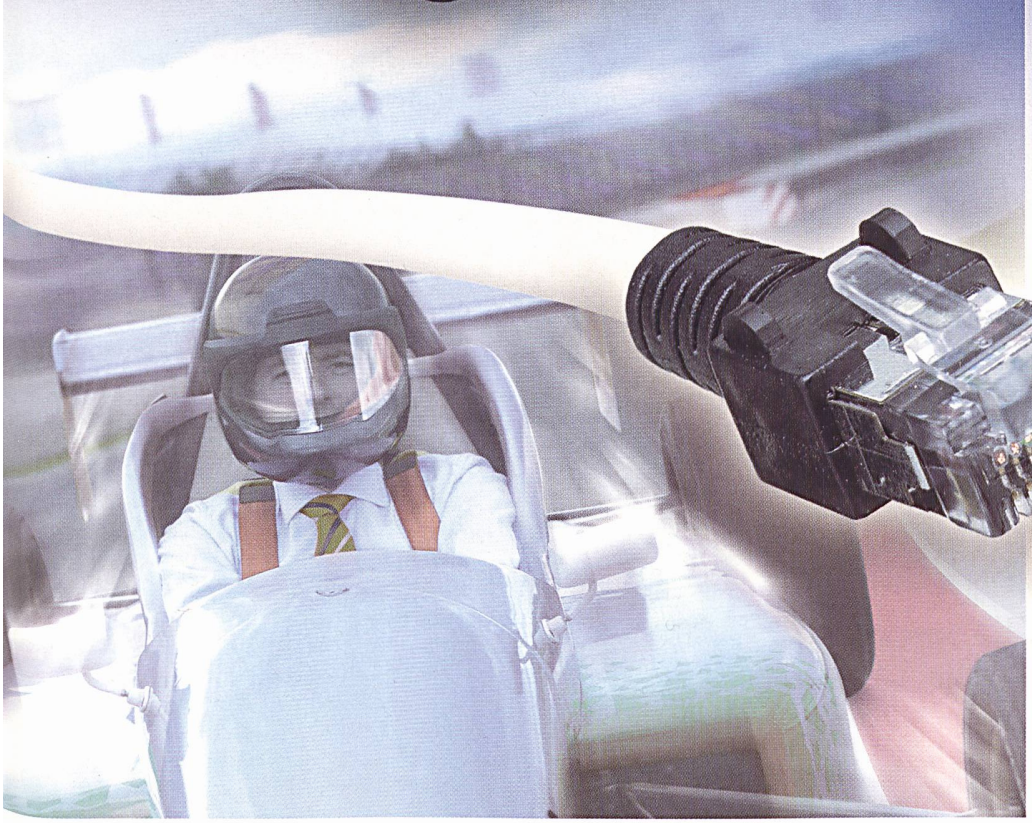
für Ihr schnellstes Business!



DATATRAB immer passend geerdet – auf der Tragschiene oder mit Erdungseinsatz als Zwischenstecker

DATATRAB CAT.6+ 10 GBIT/S





Schnell – schneller – DATATRAB-CAT.6+!

Das Konzept macht den Anschluss schnell und leicht. Komfortabler können Sie Ihre Netzwerke nicht vor Überspannungsschäden schützen.

DT-LAN-CAT.6+
– empfohlen für:

- ETHERNET inkl. Power over Ethernet (PoE)
- TOKEN RING
- ISDN
- DS1

Mehr Informationen unter
Telefon 0523545555 oder
www.phoenixcontact.ch

PHOENIX CONTACT
INSPIRING INNOVATIONS

© PHOENIX CONTACT 2007