

Permanente Überwachung von Fehler- und Störströmen

Teil 1: Störungen verursachende Gegebenheiten

H. Muhm, Grünberg

Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) ist eine wesentliche Voraussetzung für störungsfreien und zuverlässigen Betrieb elektrischer Geräte und Anlagen. Wesentlich hierfür ist es, Fehler- und Störströme frühzeitig zu erkennen und zu lokalisieren. Im Beitrag werden die spezifischen Gefahren und Schadensursachen erläutert sowie Lösungsmöglichkeiten einer innovativen Differenzstromüberwachung aufgezeigt. Vorbeugende Instandhaltung gewährleistet in Elektroinstallationen und hochsensiblen Bereichen eine hohe Betriebssicherheit. Dies ist eine Investition, die sich auszahlt.

1 Grundlegende Forderungen bezüglich der EMV

Eine hohe Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit von Stromversorgungen in Industrie und Zweckbauten ist für die Kosteneffizienz und Produktivität ein entscheidender Faktor. Unerwartete Betriebsunterbrechungen, Funktionsstörungen und EMV-Probleme kosten Zeit und Geld. Im Rahmen der vorbeugenden Instandhaltung ist es deshalb wichtig, Stromversorgungen permanent zu überwachen. Differenzstrom-Überwachungssysteme (RCMS) erkennen frühzeitig schwerwiegende Fehler- sowie Störströme auf Erdungs- und Schirmleitungen. Sie geben dem Betreiber einer technischen Anlage die Möglichkeit, den Fehler schnell zu lokalisieren und zu beheben, bevor es zu einer plötzlichen Störung oder Abschaltung des Gesamtbetriebs kommt. Zusätzlich werden Einsparpotentiale bei den Wiederholungsprüfungen nach der Unfallverhütungsvorschrift BGV A3 und der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) genutzt.

1.1 Erdungsmaßnahmen

Eine wichtige und grundsätzliche EMV-Maßnahme ist, eindeutige und ausreichende Erdungsverhältnisse für ein Gerät oder eine Anlage zu schaffen. Dabei ist zwischen funktionstechnischen und sicherheitstechnischen Aufgaben der Erdung zu unterscheiden.

- Bei einer Erdung mit funktionstechnischen Aufgaben wird der Schutzleiter als Rückleiter verwendet, welcher z. B. die Störströme von Filtern ableitet, um eine einwandfreie Schirmung zu erreichen.
- Die Aufgabe der sicherheitstechnischen Erdung dient dazu, unzulässig hohe Be-

rührungsspannungen zwischen leitfähigen Anlagenteilen und der Erde zu verhindern.

In der Vergangenheit wurden Schutzleiterströme in Gebäudeinstallationen kaum gemessen, obwohl bei der Installation in Datenetzen hohe Ausgleichströme und Potentialunterschiede zwischen verschiedenen Stockwerksverteilern auffielen und zu Störungen und Ausfällen führten.

1.2 EMV-gerechte Installation

Aus den genannten Gründen ist es wichtig, eine EMV-gerechte Installation und Verkabelung von im Normalfall stromlosen PE-Leitern zu realisieren. In verschiedenen Normen und Fachpublikationen wird der konsequente Aufbau eines TN-S-Systems, der stromlose Schutzleiter und Leitungsschirme verspricht, als Lösung angesehen. Leider ist oft das Gegenteil der Fall.

Es werden Isolationsfehler, hohe Ableitströme oder „vagabundierende“ Ströme durch zusätzliche N-PE-Brücken in den Unterverteilungen als Fehlerursache schnell erkannt. Aber eine weitere Ursache, die weitläufig noch nicht bekannt ist, sind die Versorgungsleitungen, die induktiv als PE-Strom-Transformator wirken und hohe Störströme im Ampere-

Bereich auf das Erdungssystem induzieren. Anteile dieser Störströme fließen als Folge über Schirmleitungen und elektronische Systeme. Es kommt zu Störungen.

Ziel einer EMV-gerechten Stromversorgung sollte es sein, Fehler- und Störströme frühzeitig zu erkennen und zu lokalisieren.

Im Folgenden werden sowohl die spezifischen Gefahren und Schadensursachen erläutert, als auch praxisgerechte Lösungsmöglichkeiten einer innovativen Differenzstromüberwachung aufgezeigt. Dadurch wird in modernen Elektroinstallationen sowie in hochsensiblen Bereichen eine Betriebssicherheit durch vorbeugende Instandhaltung gewährleistet – eine Investition, die sich auszahlt.

2 Ursachen und Folgen einer gestörten Stromversorgung

Ungewollte Betriebsunterbrechungen und EMV-Störungen in Stromversorgungen verursachen letztlich immer hohe Kosten. Egal ob es sich dabei um den Ausfall einer einfachen Raumbelichtung oder Störungen in einem umfangreichen, vernetzten EDV-System handelt. Als Ursache stehen auf der einen Seite

- Isolationsfehler,
- „vagabundierende“ Ströme,
- Überlastungen von Neutralleitern durch Oberschwingungen,
- Unterbrechungen von PE- und N-Leitern und
- nicht zuletzt EMV-Beeinflussungen durch hohe Störströme auf dem Erdungssystem, und auf der anderen Seite Auswirkungen wie
- ungewollte Betriebsunterbrechungen,
- Brandschäden,
- Beeinflussung von Schutzeinrichtungen,
- unerklärliche Funktionsstörungen und Schäden z. B. an TK-, Brandmelde- und EDV-Anlagen,
- Korrosion an Rohrleitungs- und Blitzschutzsystemen.

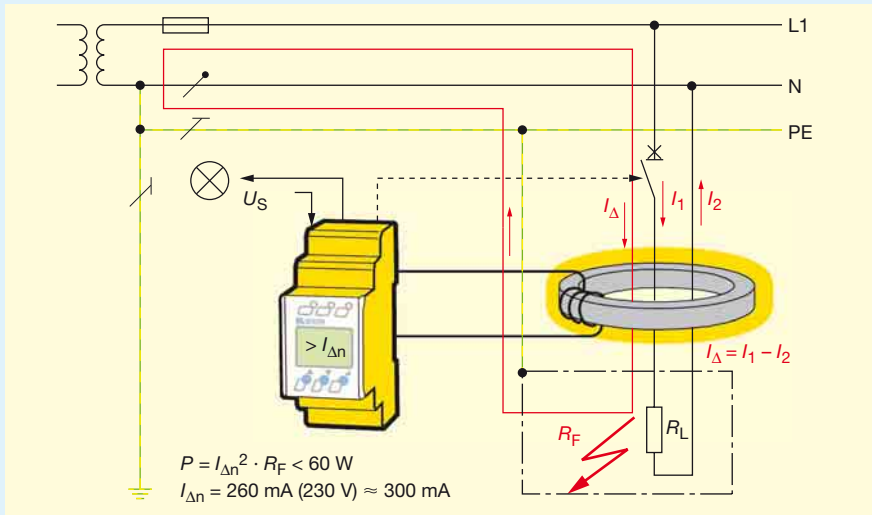
Abhängig vom jeweiligen Schadensort können Kosten verursacht werden, die leicht einige tausend Euro, wenn nicht sogar hundertausend Euro erreichen.

➊ Differenzstrom-Überwachungssystem Typ RCMS460 sowie verschiedene Messstromwandler



Autor

Dipl.-Ing. Helmut Muhm ist Bereichsleiter Monitoring Grounded Systems der Dipl.-Ing. W. Bender GmbH & Co. KG, Grünberg.



2 Widerstandsbehaffeter Isolationsfehler im TN-S-System

I_{Δ} Differenzstrom/Fehlerstrom; $I_{\Delta n}$ Ansprechdifferenzstrom; R_F Fehlerwiderstand; R_L Lastwiderstand; I_1, I_2 Betriebsströme; U_S Versorgungsspannung

3 Störungen durch Isolationsfehler

Isolationsfehler werden in den VDE-Bestimmungen als fehlerhafter Zustand einer Isolierung definiert. Sie entstehen z. B. infolge von mechanischen, thermischen und chemischen Beschädigungen elektrischer Isolierungen. Aber auch Verschmutzung, Feuchtigkeit oder Schäden durch Flora und Fauna können die Isolierung soweit schädigen, dass über die Isolationsfehlerstellen ein ungewollter Fehlerstrom fließt. Die Höhe dieses Stroms wird von der Leistung der Stromquelle, vom Erdungswiderstand und dem Widerstand der Isolationsfehlerstelle R_F bestimmt.

Der auftretende Fehlerstrom I_{Δ} kann entweder zwischen aktiven, stromführenden Leitern fließen oder von aktiven, stromführenden Leitern über den Isolationsfehler und/oder leitfähige Teile zur Erde fließen. Ist der Strom groß genug (vollkommener Kurz- oder Erdschluss), wird die vorgeschaltete Schutzeinrichtung ausgelöst und der fehlerbehaftete Verbraucher oder das Anlagenteil vom Netz getrennt. Reicht der Fehlerstrom jedoch nicht aus, um die Schutzeinrichtung zum Ansprechen zu bringen (unvollkommener Kurz- oder Erdschluss), besteht akute Brandgefahr, wenn die Fehlerleistung einen Wert von etwa 60 W (260 mA bei 230 V) an der Fehlerstelle übersteigt. Einen sicheren und zuverlässigen Schutz davor bietet der Einsatz von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs), die z. B. mit einem Bemessungsfehlerstrom unterhalb von 300 mA eine sichere Abschaltung für den Gefahrenfall bewirken.

Gerade im EDV-Bereich hat jedoch eine Abschaltung oft weitreichende Folgen, so dass häufig auf den Einsatz von RCDs verzichtet wird. Hinzu kommt das Problem, dass in vielen EDV-Bereichen unterbrechungsfreie Stromversorgungs(USV)-Anlagen stehen, die nur eine begrenzte Kurzschlussleistung zur Verfügung stellen. Somit werden die Sicherungen bzw. Sicherungsautomaten nicht aus-

gelöst, da die Abschaltbedingungen nicht eingehalten werden. Die Folge davon sind hohe Fehler- und Störströme in Erdungsanlagen, die in Bezug auf den Personen- und Brandschutz sowie aus EMV-Sicht kritische Werte annehmen können.

Als Ergänzung zu den bekannten Schutzeinrichtungen bietet sich hier der Einsatz von Differenzstrom-Überwachungsgeräten RCMS (Residual Current Monitor) nach DIN VDE 0663 an. Diese Geräte ermöglichen eine gezielte Überwachung von Einzelgeräten oder Anlagenteilen und wahlweise eine Meldung, bevor der eigentliche Ansprechwert der Schutzeinrichtung erreicht wird.

4 Differenzstrom-Überwachungssystem (RCMS)

Die Aufgabe eines Differenzstrom-Überwachungssystems (Bild 1) ist es, eine elektrische Installation oder einen Stromkreis hinsichtlich des Auftretens eines Differenz- oder Störstroms zu überwachen und durch einen Alarm anzuzeigen, wenn dieser einen festgelegten Ansprechdifferenzstrom überschreitet. RCMS sind in der Lage, Fehler- bzw. Differenz- und Störströme ab 5 mA zu messen. Dazu wird der über einen Messstromwandler erfasste Differenzstrom (Bild 2) von einer Elektronik erfasst und ausgewertet.

Wie im Bild 2 dargestellt, entspricht im fehlerfreien System I_1 gleich I_2 . Entsteht aufgrund eines Isolationsfehlers R_F ein Fehlerstrom I_{Δ} , der über den Körper bzw. die Erde abfließt, ergibt sich laut 1. Kirchhoffschem Satz:

$$I_{\Delta} = I_1 - I_2$$

Durch optische und akustische Anzeigen wird signalisiert, ob der eingestellte Ansprechdifferenzstrom und die Ansprechzeit überschritten wurden. Der Meldekontakt des RCMS kann wahlweise zum Melden oder Schalten (mit einem Leistungsschalter) eingesetzt werden. Die Möglichkeit der Meldung hat den

EIB-Basiswissen

TIPP



Frank, EIB/KNX, 4., aktual. Aufl. 2009, 160 S., mit CD-ROM, Broschur, Bestell-Nr. 3-341-01540-7, € 29,80



Ein umfassender Einführungskurs in die Gebäudeautomation mit dem EIB u. a. mit den Themen: Einsatzgebiete der EIB-Technik, Arbeitsweise des Bussystems, Tipps zur Programmierung, Beispiele realisierter Projekte.

Das Buch zeigt Ihnen Vorteile und Möglichkeiten gegenüber der konventionellen Elektroinstallation und wie Sie als Fachmann diese Argumente gewinnbringend im Kundengespräch vermitteln.

Auf DVD: EIB-Tool-Software ETS 3.0 (Demo) und ein umfangreiches Beispielprojekt für den praktischen Einstieg

Aus dem Inhalt:

- Was bietet der Einsatz des EIB?
- Funktionsweise
- Installationsvorschriften
- Blitz- und Überspannungsschutz
- Einsatzgebiete der EIB-Technik
- Fachbegriffe und Definitionen

10 % Preisvorteil für ep-Abonnenten

shop huss HUSS-MEDIEN GmbH 10400 Berlin
Direkt-Bestell-Service:
Tel. 030 42151-325 · Fax 030 42151-468
E-Mail: bestellung@huss-shop.de
www.huss-shop.de



Jetzt bestellen!

Ich bestelle zur Lieferung gegen Rechnung zzgl. Versandkosten zu den mir bekannten Geschäftsbedingungen beim huss-shop, HUSS-MEDIEN GmbH, 10400 Berlin

KUNDEN-NR. (siehe Adressaufkleber oder letzte Warenrechnung)

Expl.	Bestell-Nr.	Titel	€/Stück
	3-341-01540-7	Frank, EIB/KNX	29,80

Firma/Name, Vorname

Branche/Position/z. Hd.

Telefon/Fax

E-Mail

Straße, Nr./Postfach

Land/PLZ/Ort

Datum/Unterschrift

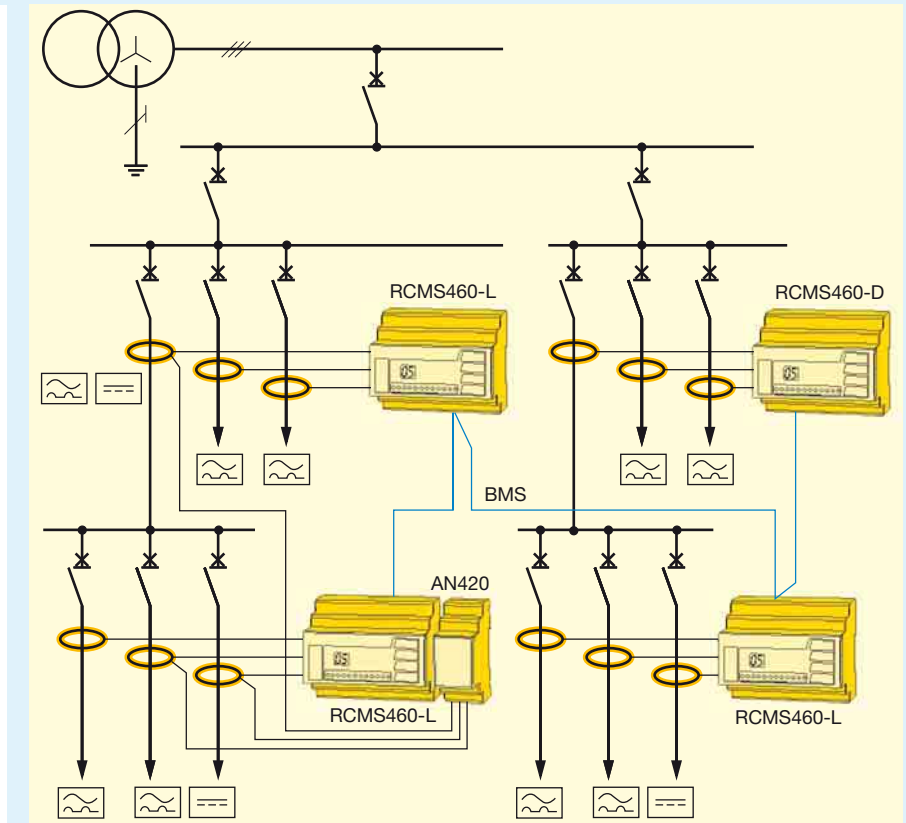
1002 ep

Preisänderungen und Liefermöglichkeiten vorbehalten

Vorteil, dass keine unerwartete Abschaltung erfolgt, wenn die Verfügbarkeit der Anlage absolute Priorität hat. Außerdem sind durch die bei RCMS vorhandene Messwertanzeige auch schleichende Veränderungen leicht erkennbar. Das RCMS entspricht DIN EN 62020 (VDE 0663) und ist sowohl für reine Wechsel- als auch für pulsierende Gleichströme und für reine Gleichströme – je nach verwendetem Messstromwandler – einsetzbar. Durch Verwendung von externen Messstromwandlern sind sie leicht an die gegebenen mechanischen Anforderungen anpassbar. Dies gilt insbesondere für teilbare und flexible Messstromwandler, die eine Nachrüstung in bestehenden Anlagen problemlos ermöglichen.

In komplexen Elektroinstallationen bieten sich RCMS an, die in der Lage sind, pro Gerät bis zu 12 Messstromwandler bzw. Abgänge gleichzeitig zu überwachen (Bild 3). Diese geben bei Über- oder Unterschreiten des vorgegebenen Vor- oder Hauptalarms eine Meldung für den betreffenden Kanal aus.

Es ist möglich, bis zu 90 Differenzstrom-Auswertegeräte (RCMS 460) über eine RS-485 Schnittstelle mit einem zentralen Bedien- und Auswertegerät (MK800) oder Protokollumsetzer (FTC470 XET) zu verbinden. Damit kann von einer zentralen Stelle aus z. B. eine Leitwarte, ein Rechenzentrum oder ein Versorgungsabschnitt permanent überwacht werden. Da diese Fehlererkennung während des Betriebs erfolgt, ist keine Abschaltung der Anlage erforderlich.



3 RCMS-Systemaufbau mit Differenzstrom-Auswertegerät RCMS 460 und Messstromwandlern

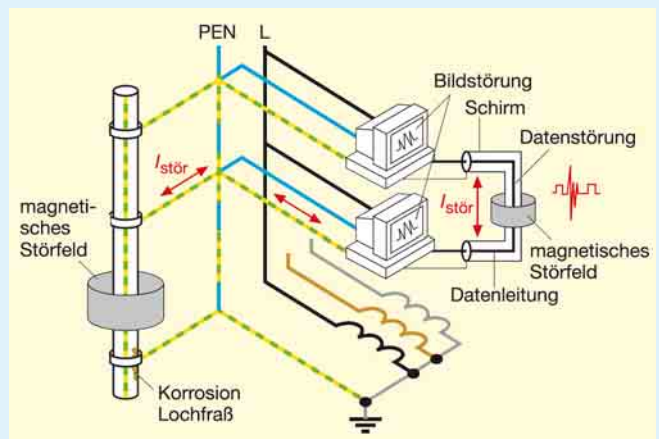
5 Störungen durch „vagabundierende“ Ströme

Obwohl das TN-S-System schon seit längerer Zeit aus EMV-Gründen gefordert wird (z. B. IEC 60364-4-44), sieht es in der Praxis häufig anders aus. Die Anlagen werden unter Berücksichtigung des Personenschutzes und der Kostenoptimierung ausgelegt, so dass der N-Leiter ab einem Querschnitt von 10 mm² Cu gemeinsam mit dem PE als PEN-Leiter gestaltet ist. Dadurch kann sich ein Teil des Rückleiterstroms (N-Leiter) über alle Erdungssysteme, Potentialausgleichsleitungen und Schirmleitungen verteilen, da der N-Leiter in den Etagenverteilern mit dem PE-/PA-System verbunden ist (Bild 4). Als Folge davon fließen im gesamten Gebäude über alle leitfähigen (metallinen) Leitungen (z. B. Wasserleitungen, Heizungssysteme) hohe Ausgleich- und Störströme, die

- zum Teil zu hohen elektromagnetischen Feldern führen,
- undefinierte Ausfälle verursachen und
- für schwer zu findende Fehler an elektronischen Systemen verantwortlich sind.

Außerdem können Korrosionen an Gas-, Wasser- und Sprinklerleitungen auftreten. Verstärkt wird dieser Effekt durch die zusätzliche Belastung des N-/PEN-Leiters mit Oberschwingungsströmen.

4 Störströme in einem TN-C-System



Es sollte in allen Stromversorgungssystemen, in denen mit dem Einsatz von informationstechnischen Anlagen gerechnet wird, das TN-S-System (Bild 5) eingesetzt werden. Dadurch werden die Rückleiterströme aus den vielen einzelnen Verbrauchern gezielt zur speisenden Quelle zurückgeführt. Sie können nicht „vagabundierend“ über niederohmigere Erdungsverbindungen und Leitungsschirme zum Trafosternpunkt zurückfließen. Der N-Leiter darf nur einmal am zentralen Erdungspunkt (ZEP) mit dem PE-/PA-System eine Verbindung haben (vorzugsweise in der Niederspannung-Hauptverteilung). Diese Verbindung sollte mit einem Differenzstrom-Überwachungssystem (RCMS) permanent überwacht werden. Das RCMS zeigt den im Normalfall fließenden kleinen Ausgleichsstrom an, löst einen Alarm aus, wenn ein bestimmter Wert, z. B. durch eine zusätzliche N-PE-Verbindung oder durch einen Isolationsfehler zwischen Außenleiter, N und Erde, über-

schritten wird. Zusätzlich sollte auch das Erdungssystem mit einem RCMS überwacht werden, um die Stromfreiheit zu kontrollieren. Die Forderung nach dem TN-S-System ist in vielen Normen und Vorschriften dokumentiert, in denen der Einsatz von informationstechnischen Anlagen zu erwarten ist.

In einem TN-C-System (Bild 4) teilt sich in den N-PE-Brücken der N-Leiterstrom auf. Ein Teil fließt über den PEN-Leiter und ein unerwünschter Störstrom über die Schirmleitungen und Gebäudekonstruktionsteile zum Trafo zurück. Bei Unterbrechung des PEN-Leiters sind sämtliche Geräte des Netzwerkes gefährdet.

In einem TN-S-System fließen N-Leiterströme direkt zum Trafosternpunkt zurück. Der Schutzleiter, die Schirmleitungen und die Gebäudekonstruktion führen keinen Störstrom. Zusätzliche N-PE-Verbindungen werden mit einem RCMS-System sofort erkannt und lokalisiert.

Für optimale Lichtplanung!

Aktuell



- Mit den erforderlichen Grundlagen für die Planung und Errichtung von Beleuchtungsanlagen
- **Schwerpunkthemen u. a.:** aktuelle Forschungsergebnisse zur Wahrnehmungsphysiologie, Änderungen von Normen, Einsatz von Beleuchtungssoftware, Dynamische Beleuchtung mit verschiedenen Leuchtdichten und Farben
- **Auf der CD-ROM:** Tabellen zu lichttechnischen Berechnungen und Lampendaten, farbige Abbildungen, Beispiele zur Tageslichtberechnung und ein Lichtberechnungsprogramm von DIAL.

Baer (Hrsg.), **Beleuchtungstechnik**, 3., vollst. überarb. Aufl., 416 S., 396 Bilder, inkl. CD-ROM, Hardcover, Bestell-Nr. 3-341-01497-7, € 48,00

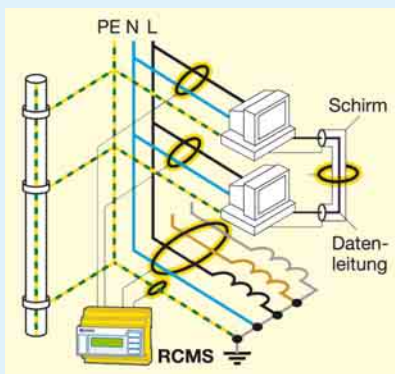
shop huss HUSS-MEDIEN GmbH
10400 Berlin
Direkt-Bestell-Service:
Tel. 030 42151-325 · Fax 030 42151-468
E-Mail: bestellung@huss-shop.de
www.huss-shop.de

Preisänderungen und Liefermöglichkeiten vorbehalten

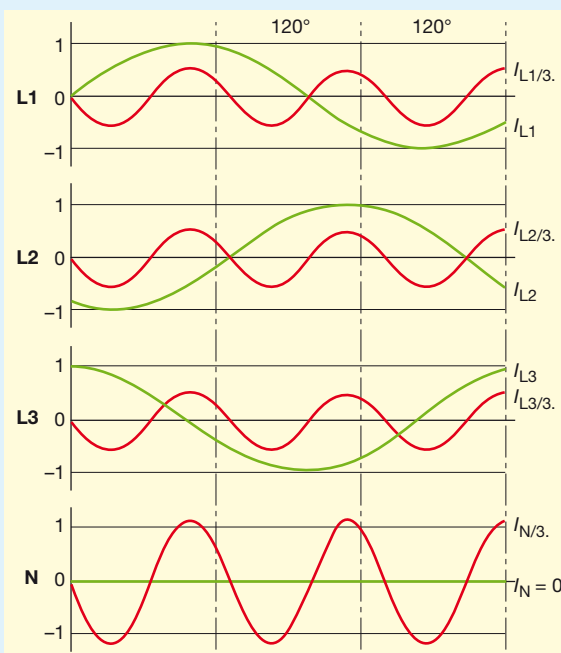
6 Störungen durch Oberschwingungen

Allgemein geht man in der Elektroinstallationstechnik davon aus, dass die anliegende Spannung eine reine Sinusform aufweist. In Drehstromsystemen sind die einzelnen Leiterphasen um 120° gegeneinander phasenverschoben. Wird die Spannung mit linearen Verbrauchern (Widerständen, Induktivitäten, Kapazitäten) belastet, fließt ein ebenfalls linearer Strom, der je nach Last um den entsprechenden Phasenwinkel verschoben ist. Die graphische Addition der drei Leiterströme ergibt zu jedem Zeitpunkt den Wert 0, so dass bei symmetrischer Belastung des Drehstromnetzes der Strom im N-Leiter nahezu 0 A beträgt.

In modernen Elektroinstallationen kommen jedoch vermehrt nichtlineare elektrische Verbraucher (PC's mit Schaltnetzteilen, Lampen mit elektronischen Vorschaltgeräten, Drucker, Kopierer, Frequenzumrichter, USV-Anlagen) zum Einsatz, die jeweils zwischen einem Außenleiter und dem N-Leiter angeschlossen werden und diesen zusätzlich mit Strömen der 3. harmonischen Oberschwingung belasten.



5 Überwachung eines EMV-freundlichen TN-S-Systems



6 Die in den Außenleitern fließenden 150-Hz-Oberschwingungsströme $I_{L1/3}$, $I_{L2/3}$, $I_{L3/3}$ addieren sich im N-Leiter zum Strom $I_{N/3}$

Dies ist auch der Fall, wenn die Geräte weitgehend symmetrisch auf die Außenleiter verteilt werden. Unabhängig von der übrigen Lastverteilung fließt im N-Leiter die Summe der in den Außenleitern fließenden 150-Hz-Ströme (Bild 6). Der hohe Anteil von Strömen der 3. harmonischen Oberschwingung kann dann zu einer Überlastung des N-Leiters führen und eine nicht unerhebliche Brandgefahr bedeuten. Auch Schraub- bzw. Klemmverbindungen werden durch den thermodynamischen Wechsel stark beansprucht und können sich mit der Zeit lockern und zu einer Unterbrechung des N-Leiters führen. Diese Unterbrechungen können wiederum zu unkontrollierbaren Sternpunktverschiebungen und Spannungserhöhungen führen, die letztlich Geräte und Anlagenteile zerstören können. Nach **IEC 60363-3-43 „Schutz von Kabeln und Leitungen bei Überstrom“** ist im Neutralleiter weder eine Überstromerfassung noch eine Abschaltvorrichtung erforderlich, wenn der Querschnitt des Neutralleiters mindestens dem Querschnitt der Außenleiter entspricht. Ist der Querschnitt des Neutralleiters geringer als der des Außenleiters, so muss hierfür eine Überstromerfassung vorgesehen werden, die eine Überlastung verhindert. Auf diesen Schutz kann auch verzichtet werden, wenn der Neutralleiter durch die Schutzeinrichtung der Außenleiter bei Kurzschluss geschützt wird und der Höchststrom im Neutralleiter bei normalem Betrieb den Wert der Strombelastbarkeit des N-Leiters nicht überschreitet.

Nach den praktischen Gegebenheiten ist diese Normfestlegung jedoch unzureichend. Eigentlich sollte man den Einsatz von ober-schwingungserzeugenden Verbrauchern vermeiden oder reduzieren, was sich jedoch in der Praxis als unmöglich erweist. Deshalb sollten

Jetzt bestellen!

Ich bestelle zur Lieferung gegen Rechnung zzgl. Versandkosten zu den mir bekannten Geschäftsbedingungen beim **huss-shop**, HUSS-MEDIEN GmbH, 10400 Berlin

KUNDEN-NR. (siehe Adressaufkleber oder letzte Warenrechnung)

Expl.	Bestell-Nr./ISBN	Autor/Titel	€/Stück
	3-341-01497-7	Baer, Beleuchtungstechnik	48,00

Firma/Name, Vorname

Branche/Position/z. Hd.

Telefon/Fax

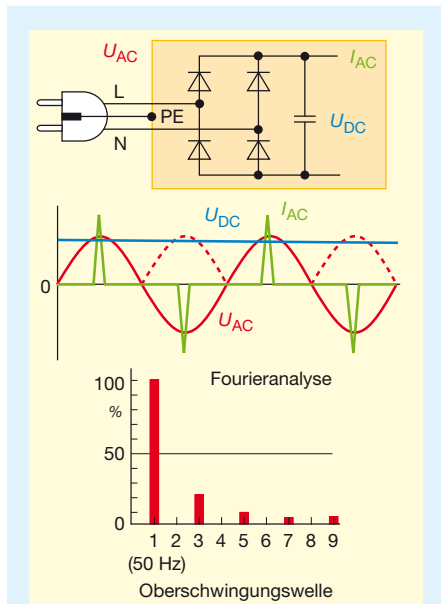
E-Mail

Straße, Nr./Postfach

Land/PLZ/Ort

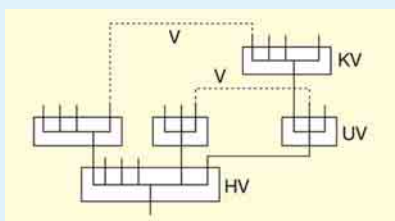
Datum/Unterschrift 1002 ep

- die Querschnitte von N- und PE-Leitern nicht reduziert, sondern
- für die Oberschwingungslasten ausgelegt werden;



7 Netzteil mit kapazitiver Glättung

Die impulsförmige Stromaufnahme I_{AC} als Ursache von Oberschwingungen



8 Vermeidung von PE-Leiterschleifen durch sternförmige Erdung

V galvanische Verbindung (z. B. Steuerleitung) **unbedingt vermeiden**; HV Hauptverteiler; UV Unterverteiler; KV Kleinverteiler

Quelle: VdS 2349

- und auch der Einsatz entsprechender Filter kann in Erwägung gezogen werden (Bild 7).

Ganz wichtig ist eine permanente Überstromüberwachung des N-Leiters. Dadurch wird das Überschreiten von kritischen Werten sofort erkannt und gemeldet. Als Stromüberwachung empfiehlt es sich hier, Überwachungsgeräte einzusetzen, die mit einem Messstromwandler arbeiten, um nicht eine weitere Trennstelle im N-Leiter zu verursachen.

7 Störströme durch Unterbrechung des PE-Leiters

Die Funktion der zusätzlichen Schutzmaßnahmen für Geräte der SK. I hängt entscheidend von einem zuverlässigen Schutzleiteranschluss innerhalb der Gesamtinstallation ab. Ist der Schutzleiter unterbrochen, so besteht eine erhöhte Gefährdung von Personen durch hohe Körperströme.

Außerdem können Fehlerströme anstatt über den PE über Gebäudeteile und Daten-schirmleitungen zum Sternpunkt zurückfließen und dadurch Anschlussstellen beschädigen oder zerstören. Als Maßnahme empfiehlt es sich, permanent den PE-Leiter mit einem Differenzstrom-Überwachungssystem auf Unterbrechung zu überwachen.

8 TN-S-System mit getrenntem Funktionsschutzleiter (FPE)

Die Folge von Oberschwingungen ist, dass die 150-Hz-Stromanteile in L1, L2 und L3 durch ihre Phasengleichheit sich im N-Leiter addieren. Der Betrag dieser drei 150-Hz-Ströme fließt als Summenstrom im N-Leiter zurück (Bild 6).

Es findet keine Kompensation der 150-Hz-Ströme und somit auch der Magnetfelder in

der Leitung mehr statt, wie es bei der 50-Hz-Grundschiwingung der Fall ist. Es entsteht vielmehr ein magnetisches Restfeld. Dieses induziert einen Strom im benachbarten PE-Leiter, wenn dieser als Teil einer PE-Leiterschleife ausgeführt ist.

Die Drehstromversorgungsleitung ist somit zum „Transformator“ geworden. Hier entstehen Störspannungen, die zu elektromagnetischen Unverträglichkeiten in elektronischen Systemen führen. Das Streufeld dieser Oberschwingung kann je nach Leitungstyp zweibis sechsmal und bei Einzelleitungen bis zu 16mal höher sein als im normalen Strombetrieb bei 50 Hz. Es fließen PE-Leiterströme im hohen Amperebereich.

Die Energieleitungen stellen die Primärwicklung eines „Transformators“ dar. Die Sekundärwicklung wird durch den mit der Leitung mitgeführten PE und die an beiden Enden verbundene Abschirmung einer Datenleitung gebildet. Das durch die Oberschwingungen (150 Hz, 450 Hz) in den Energieleitungen ausgehende Magnetfeld induziert eine Schutzleiterspannung im PE. Es fließt ein Schutzleiter- bzw. ein Störstrom über die Abschirmung der Datenleitungen.

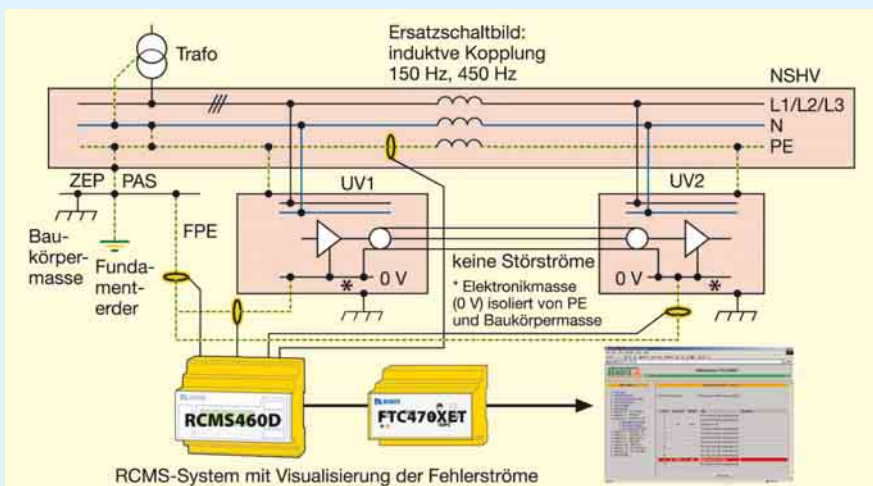
Besonders hohe Einkopplungen sind bei Stromschienensystemen oder bei nebeneinander liegenden Einzelleitern zu erwarten. Diese Versorgungsart sollte möglichst vermieden werden.

Die elektromagnetische Verträglichkeit und Reduzierung von Störströmen auf Erdungs- und Schirmleitungen in elektrischen Anlagen kann u. a. erreicht werden durch Vermeidung oder Verringerung von:

- PE-Leiterschleifen (Bild 8),
- induktiven Einkopplungen,
- Störaussendungen der Störquellen, in denen sich durch magnetische Felder (transformatorische Wirkung) Störströme induzieren können.

Außerdem soll erreicht werden, dass auf den Verbindungsleitungen zwischen verschiedenen Anlagenteilen keine Störströme fließen. Um einen optimalen Potentialausgleich zu erreichen, ist es jedoch sinnvoll, die Elektronikmasse (0 V) gegen PE-Leiter und Baukörpermasse zu isolieren. Zum Schutzleiter wird noch ein zusätzlicher isolierter Funktionsschutzleiters (FPE) verwendet, der die Elektronikmasse nur einmal am zentralen Erdungspunkt mit dem Schutzpotentialausgleich PAS und mit Erde verbindet. Der FPE sollte getrennt von den Energieleitungen verlegt werden (Bild 9).

Dies führt zur Reduzierung von Störströmen auf Elektronikmassen und Schirmleitungen. Eine permanente Störstromüberwachung des FPE und des PE auf Stromfreiheit mit einem Differenzstrom-Überwachungssystem (RCMS) ist zwingend erforderlich. Zusätzliche Verbindungen zwischen FPE und PE können sofort lokalisiert werden, wodurch eine hohe Stör-unempfindlichkeit in sensiblen Anlagen der Informationstechnik gewährleistet wird.



9 Vermeidung von Störströmen in Stromversorgungen von Elektroniksystemen