



# Verteilungstransformatoren und EMV

**Sonderdruck**

**Autor:**

MBA, Dipl.-Ing. (FH) Bernd Hofmann, E T TR DK R&D, Leitung Forschung und Entwicklung

Answers for energy.

**SIEMENS**



# Verteilungstransformatoren und EMV

Da hinter dem Begriff EMV (elektromagnetische Verträglichkeit) nicht nur technische, sondern auch gesetzliche Regelungen stehen, tauchen häufig Fragen auf. Welche Nachweise zur EMV von Mittelspannungsanlagen sind notwendig? Welche Konformitätsnachweise werden benötigt, ist eine CE-Kennzeichnung gefordert, und was ist hinsichtlich des Bundes-Immissionsschutzgesetzes zu tun? Die Antworten darauf betreffen Hersteller und Anwender gleichermaßen; denn für die elektromagnetische Verträglichkeit sind beide gemeinsam verantwortlich. Die EMV von Transformatoren wird durch das magnetische Streufeld bestimmt. Dies hängt vor allem ab von der Leistung und der Belastung des Transformators sowie vom Abstand. Bei der Planung sollte aber nicht nur das Transformatorstreu Feld, sondern auch das des unterspannungsseitigen Ableitungssystems berücksichtigt werden.

## Aufgabenstellung

Lebens- und Arbeitsbereich des Menschen in der Industriegesellschaft sind zunehmend geprägt durch den Einsatz elektronischer Geräte. Dazu gehören Datenverarbeitungssysteme mit Rechnern und Monitoren sowie die Daten- und Messwerterfassung. Gleichzeitig rücken die Elemente der Energieversorgung näher an die Verbrauchsschwerpunkte, d. h. ebenfalls näher an den menschlichen Arbeitsbereich. Die Energieverteilanlagen als Störquelle können so zu Störungen bei elektronischen Betriebsmitteln führen. Der Transformator stellt ein wesentliches Bauteil einer Schwerpunktversorgung dar. Nachfolgend werden dessen Eigenschaften als Quelle von elektrischen und magnetischen Feldern sowie im Rahmen der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) als Störquelle erläutert.

## Rechtliche und technische Regeln

Zur elektromagnetischen Verträglichkeit gehören technische und gesetzliche Regeln. Die Gesetzgebung kümmert sich um die Auswirkungen der Technik auf die Allgemeinheit und zwar in sehr verschiedenen Bereichen.

Zur Technik gehört die Beschreibung der elektromagnetischen Phänomene, der Umgang mit ihnen ist durch konstruktive und prüftechnische Regeln in Fachnormen beschrieben.

Da Anlagen auch elektromagnetische Felder in die Umwelt abgeben, legt der Gesetzgeber mit einer Verordnung zum Immissionsschutzgesetz (26. BImSchV) Grenzwerte fest, um unzulässige Einwirkungen auf Menschen zu verhindern. Eine andere Zielsetzung verfolgt das EMV-Gesetz (EMVG), das die europäische EMV-Richtlinie in deutsches Recht umsetzt. Um einen freien Warenverkehr

(ohne EMV-Probleme) zu gewährleisten, legt das Gesetz EMV-Schutzziele fest und regelt die Konformitätsbewertung, d. h., ob und welche Produkte mit einem CE-Zeichen zu versehen sind.

## EMV-Gesetz und CE-Kennzeichnung

Müssen Verteilungstransformatoren ein CE-Zeichen tragen? Diese Frage wird oft gestellt, und manchmal wird das CE-Zeichen irrtümlich als eine Art Gütesiegel angesehen.

Die europäische Richtlinie über die elektromagnetische Verträglichkeit [1] verpflichtet dazu, Geräte so zu bauen und zu betreiben, dass sie weder andere Geräte stören noch selbst gestört werden können. Das ist – zusammengefasst – das Schutzziel, das in Deutschland in nationales Recht umgesetzt wird, durch das Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Geräten (EMVG) [2]. Laut EN 60076-1/A1:2000 und IEC 60076-1, Änderung 1, stellen Leistungstransformatoren in Bezug auf elektromagnetische Störaussendung und Störfestigkeit passive Elemente dar. „Passive Elemente sind nicht imstande, elektromagnetische Störgrößen zu verursachen, und ihr Betriebsverhalten kann durch solche Störgrößen nicht beeinflusst werden.“ Eine andere Sache ist die Konformitätsbewertung (Erklärung und Nachweis, dass ein Produkt die Schutzanforderungen erfüllt).



### Verteilungstransformatoren benötigen kein CE-Zeichen

Geräte müssen die EMV-Schutzziele erfüllen! „Gerät“ im Sinne der EMV-Richtlinie steht für alle elektrischen und elektronischen Apparate, Systeme, Anlagen und Netze. Es brauchen aber nicht alle Geräte ein CE-Zeichen oder eine Konformitätserklärung. Der Grund dafür ergibt sich aus dem eigentlichen Sinn der EMV-Richtlinie: Sie will verhindern, dass der Gebrauch elektrischer Geräte durch „jedermann“ den Funk- und Fernmeldeverkehr stört und dass sich die Geräte durch EMV-Probleme im täglichen Gebrauch gegenseitig beeinträchtigen.

Im Gegensatz dazu sind Verteilungstransformatoren nicht „allgemein“ erhältlich, sondern werden nur von Fachleuten errichtet und betrieben. Beim Umgang mit Geräten können EMV-Kenntnisse vorausgesetzt werden. So reicht es aus, die EMV-Schutzziele einzuhalten; eine Konformitätserklärung und die CE-Kennzeichnung sind daher nicht notwendig.

### Die 26. Bundes-Immissionsschutzverordnung

Verteilungstransformatoren erzeugen netzfrequente elektrische und magnetische Felder, die sich in die Umgebung hin ausbreiten können. Da diese Umgebung in vielen Fällen öffentlich zugänglich ist, muss eine mögliche Beeinträchtigung von Personen durch diese Felder ausgeschlossen werden. Dazu sind in der 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (26. BImSchV) [3] Grenzwerte für die elektrischen und magnetischen Felder angegeben. Das Einhalten der Grenzwerte ist gesetzlich verbindlich; die Verordnung steht über VDE- und sonstigen normativen Bestimmungen.

#### Geltungsbereich

Die Verordnung gilt für ortsfeste Anlagen zur Umspannung und Fortleitung von Elektrizität:

- Freileitungen und Erdkabel mit einer Frequenz von 50 Hz und einer Spannung von  $\geq 1000$  V,
- Bahnstromfern- und Bahnstromoberleitungen einschließlich der Umspannung und Schaltanlagen mit einer Frequenz von 16 2/3 Hz oder 50 Hz,
- Elektroumspannanlagen einschließlich der Schaltfelder mit einer Frequenz von 50 Hz und einer Oberspannung von  $\geq 1000$  V.

Die Grenzwerte der elektrischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte sind:

- 5 kV/m und 100  $\mu$ T bei 50 Hz
- 10 kV/m und 300  $\mu$ T bei 16 2/3 Hz.

Diese Werte gelten für den Dauerbetrieb und bei höchster betrieblicher Auslastung der Anlage. Die definierten Grenzwerte gelten im Einwirkungsbereich kompletter Stationen, die immer unterschiedlich aufgebaut sind – abhängig von den Kundenbedürfnissen und räumlichen Gegebenheiten. Elektrische und magnetische Feldstärken einer bestimmten Station lassen sich daher nicht auf andere übertragen. Letztlich muss ein Nachweis für eine Gesamtstation spezifisch erbracht werden.

Die 26. BImSchV erlaubt sowohl messtechnische als auch theoretische, rechnerische Nachweise zum Einhalten der Grenzwerte.

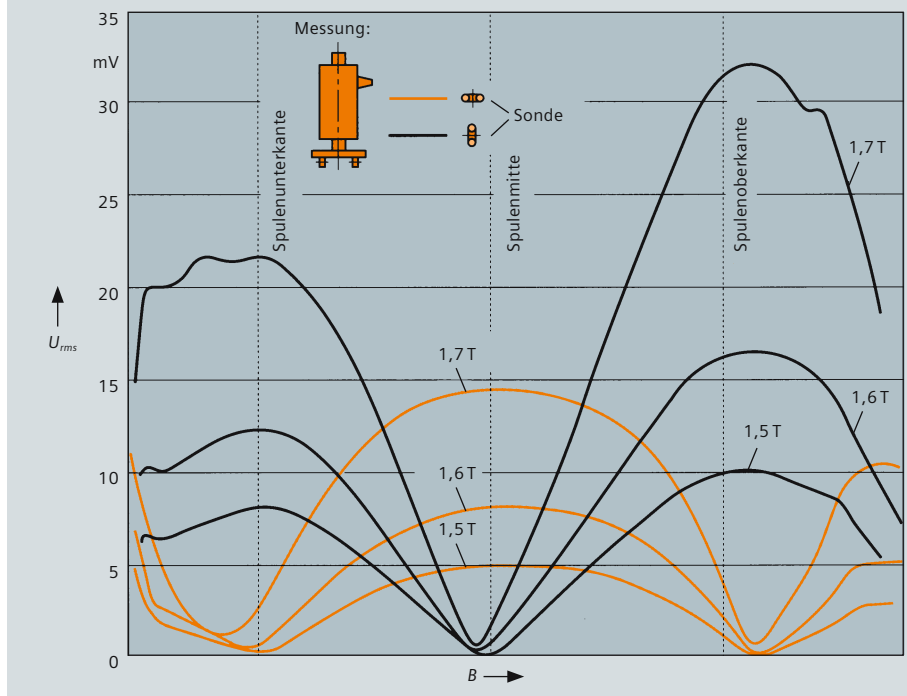


Bild 1: Vom Leerlaufstreufeld induzierte Spannung an der Oberfläche eines 630-kVA-Gießharztransformators; Parameter: Schenkelinduktion 1,5 T bis 1,7 T (Messsonde mit 2900 Windungen,  $A_{\text{eff}} = 1,53 \text{ cm}^2$  und Abstand von der Wicklungsoberfläche 20 cm)

### Im Transformatorbereich auftretende Felder

Im Frequenzbereich der öffentlichen Energieversorgung – 16 2/3 und 50 Hz – können elektrisches und magnetisches Feld als entkoppelt und damit jeweils für sich getrennt betrachtet werden [4]. Höhere Frequenzen, die abstrahlbare elektromagnetische Felder verursachen, entstehen nur bei Teilentladungsvorgängen (Glimmen) im und am Transformator. Diese Teilentladungsimpulse können Frequenzen von 0,1 MHz bis 50 MHz enthalten. Meist ist ein Verteilungstransformator bei Betriebsspannung aber teilentladungsfrei. Lediglich die hochspannungsseitigen Anschlüsse muss man so ausführen, dass die für den Glimmeinsatz kritische Feldstärke der Luft an keiner Stelle überschritten wird. Damit haben elektromagnetische hochfrequente Felder beim Transformator untergeordnete Bedeutung und werden hier nicht näher behandelt.

**Elektrische Felder** treten zwischen spannungsführenden Leitern sowie zwischen den Leitern und Erde auf. Die Größe der elektrischen Felder hängt ab von der Betriebsspannung, den Abständen und der Elektrodengeometrie. Im inneren Aufbau ölgefüllter Transformatoren können Feldstärken um 10 kV/mm, in Trockentransformatoren von 0,5 kV/mm bis 3 kV/mm vorhanden sein. Das elektri-

sche Feld von flüssigkeitsgefüllten oder Trockentransformatoren in einem Gehäuse wird z. B. durch Kessel abgeschirmt, die als Faradayscher Käfig wirken. Trockentransformatoren ohne Gehäuse werden im Allgemeinen in Zellen untergebracht, deren Wände und Decken nicht aus elektrischem Isoliermaterial bestehen. Diese Zellen sind deshalb in erster Näherung ebenfalls als Faradayscher Käfig zu betrachten. Dies gilt auch für die elektrischen Felder der Anschlüsse und Zuleitungen, die damit in Gebäuden ebenfalls kaum wirksam werden. Am meisten Anlass zu Störungen geben dagegen die magnetischen Felder. Diese werden von Gebäudewänden normalerweise nicht abgeschirmt, auch nicht von Betonwänden mit Stahlmatteneinlagen. Deshalb werden diese Felder hier genauer betrachtet.

### Magnetische Streufelder des Transformators

Zu untersuchen sind verschiedene Quellen des magnetischen Streufelds am Transformator. Diese haben folgende aufsteigende Rangordnung:

- Streufeld im Leerlauf,
- Streufeld aus den Anschlussleitungen bei Belastung (vor allem unterspannungsseitig, aufgrund des höheren Stroms) sowie
- Streufeld aus den stromdurchflossenen Wicklungen.

Diese dreidimensionalen Felder sind kompliziert – weil zeitlich und räumlich durch das Drei-Phasen-System erzeugt – und werden durch das Eisen der umgebenden Konstruktionsteile beeinflusst. Die Durchflutung, die der Leerlaufstrom in der speisenden Wicklung erzeugt, verursacht das **Streufeld im Leerlauf**.

Höhe und Form des Leerlaufstroms hängen vom Magnetisierungsbedarf des Eisenkerns ab. Aufgrund der Krümmung der Magnetisierungskurve enthält der Leerlaufstrom Oberschwingungen, die damit ebenfalls im Streufeld vorhanden sind. Deshalb wurde in **Bild 1** der Effektivwert der in einer Messspule induzierten Spannung als Funktion des Messorts an einem Gießharztransformator aufgetragen. Das Leerlauffeld tritt vorwiegend am oberen und unteren Ende der speisenden Wicklung und aus den Stoßstellen des Eisenkerns aus. Allerdings ist aber das Leerlauffeld etwa um den Faktor 10 kleiner als das Streufeld aus den laststromdurchflossenen Wicklungen, so dass es in der Regel vernachlässigt werden kann.

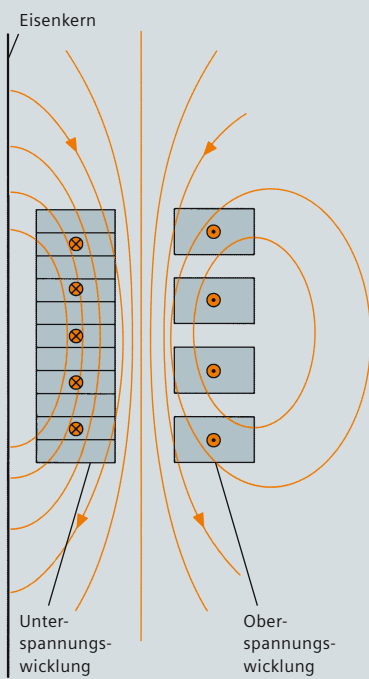


Bild 2: Prinzipielles Laststrefelfeld eines Transformators

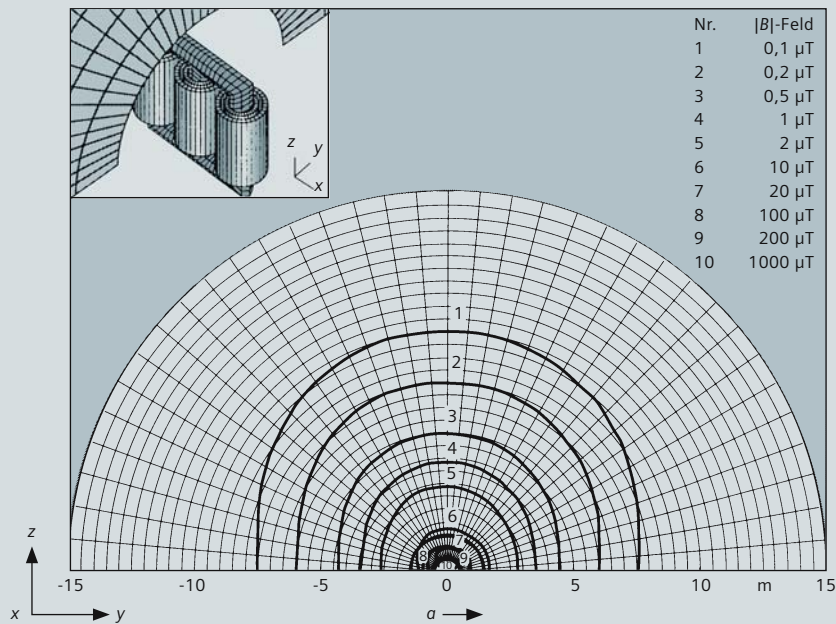


Bild 3: Räumliche Streufeldberechnung für einen 630-kVA-GEAFOL-Transformator

Wie jeder stromdurchflossene Leiter bauen auch die Ableitungen, wie Anschlusskabel und Sammelschienen, ein **Strefelfeld** auf [5]. Dieses hängt an jedem Punkt im Raum ab von der vektoriellen Summe der dort von den einzelnen stromdurchflossenen Leitern erzeugten Feldstärke. Bei Leiteranordnungen, in denen sich die Summe der Ströme zu null ergibt, wie Hin- und Rückleitung im Wechselstromkreis oder die drei Phasen beim Drei-Phasen-System, wird das resultierende Feld um so kleiner, je dichter diese Leiter beieinander liegen. Die vom Laststrom durchflossenen **Primär- und Sekundärwicklungen** des Transformators erzeugen ein Streufeld, das aus dem Raum zwischen den Wicklungen austritt (**Bild 2**). Vor allem dieses Streufeld verursacht Störungen in der Umgebung des Transformators. Dazu kommt noch die Streuung aus den unterspannungsseitigen Ableitungen, besonders wenn diese nicht dicht gebündelt sind.

### Laststrefelfeld des Transformators

In **Bild 3** ist das Ergebnis einer Modellrechnung für das Streufeld eines 630-kVA-Gießharztransformators gezeigt, der im Kurzschluss mit Nennstrom belastet wird. Schon in relativ geringem Abstand ergibt sich eine nahezu halbkugelförmige Ausbreitung. Die Abstandsfunktion folgt ab einer Entfernung  $a$  von etwa 10 m annähernd proportional  $1/a^3$ . Im Nahbereich, d. h. von 0 m bis 1 m, verhält sich die Felddichte eher proportional  $1/a^2$ . Dementsprechend erhält man bis ungefähr 10 m eine Funktion zwischen  $1/a^2$  und  $1/a^3$ . In **Bild 4** sind sowohl die Messwerte eines 630-kVA-Transformators als auch die Rechenwerte für ein Sammelschienen-system aufgetragen. Geht man im Abstand von 3 m von einem Messwert  $B_3$  für das Streufeld aus, so erhält man für den Transformator selbst (ohne Ableitungen):

$$B(a) = B_3 \cdot (3m/a)^x \text{ mit } 2 < x < 3$$

Zwischen 1 m und 10 m ergibt sich mit den vorliegenden Messwerten:

$$B(a) \approx B_3 \cdot (3m/a)^{2,8}$$

Im Bereich über 10 m gilt:

$$B(a) = B_{10} \cdot (10m/a)^3$$

Die Streufeldinduktion des Sammelschienen-systems dagegen ändert sich nur quadratisch mit dem Abstand und hat damit unter Umständen stärkere Auswirkungen als das Transformatorstrefelfeld. Das Streufeld des Sammelschienen-systems hängt außerdem vom Abstand der Leiter ab, d. h., es verringert sich mit kleiner werdendem Abstand. Das Transformatorstrefelfeld wird beeinflusst:

- vom Belastungsgrad  $k_T$  des Transformators (direkt proportional mit  $k_T = I/I_N$ ),
- von der Bauart des Transformators und
- von den Auslegungsdaten.

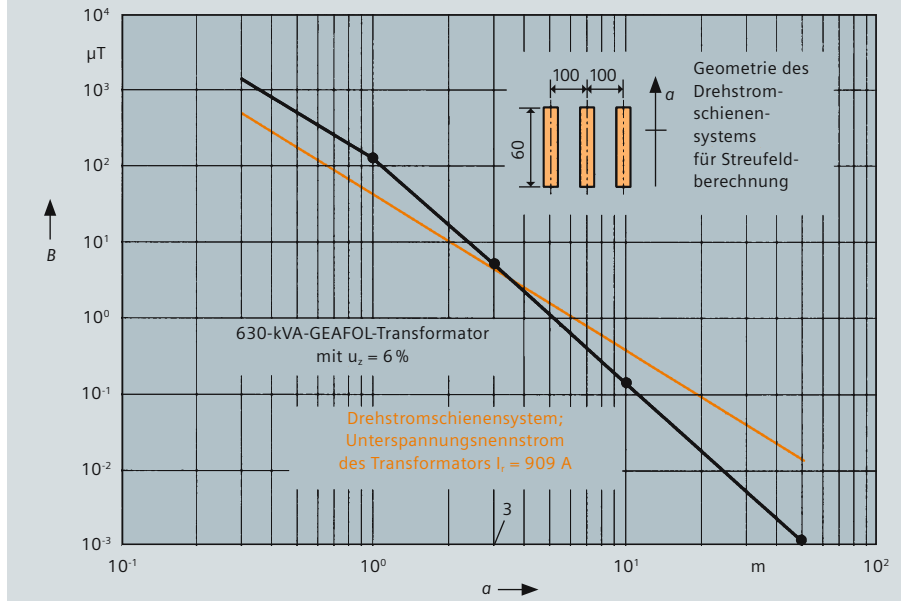


Bild 4: Streufeldmessung an einem 630-kVA-GEAFFOL-Transformator und Streufeldberechnung für ein Sammelschienensystem

Bei einem 630-kVA-Gießharztransformator mit  $u_z = 6\%$  ist bei Nennlast mit einem Scheitelwert  $B_3 = 5 \mu\text{T}$  zu rechnen. Bei ölgefüllten Verteilungs- und auch bei Trockentransformatoren im Stahlblechgehäuse liegt dieser Wert aufgrund der Abschirmung durch den Kessel etwa um den Faktor 2 bis 3 niedriger.

In erster Näherung kann man das Streufeld als Funktion des Streuflusses des Transformators betrachten. Dieser wiederum bestimmt die relative Kurzschlussspannung  $u_z$  des Transformators, so dass sich das Streufeld ungefähr proportional zur Kurzschlussspannung verhält. Aus den Wachstumsgesetzen des Transformators lässt sich ableiten, dass der Streufluss über eine Wurzelfunktion von der Transformatorscheinleistung  $S_N$  abhängt. Damit ergibt sich:

$$B \sim B_0 u_z \sqrt{S_N} \left(\frac{a_0}{a}\right)^x k_T \quad \text{oder}$$

$$B = B_0 \frac{u_z}{u_{z0}} \sqrt{\frac{S_N}{S_{N0}}} \left(\frac{a_0}{a}\right)^x k_T$$

Hierbei bedeutet  $B_0$  die Induktion im Abstand  $a_0$ ; der Exponent beträgt  $2 < x \leq 3$ .

Bezogen auf die vorliegenden Messwerte für den 630-kVA-Transformator erhält man für Nennlast ( $k_T = 1$ ):

$$B = 5 \mu\text{T} \frac{u_z}{6\%} \sqrt{\frac{S_N}{630 \text{ kVA}}} \left(\frac{3 \text{ m}}{a}\right)^{2 \text{ bis } 3}$$

oder für den Bereich  $a = 1 \text{ m}$  bis  $10 \text{ m}$

$$B = 5 \mu\text{T} \frac{u_z}{6\%} \sqrt{\frac{S_N}{630 \text{ kVA}}} \left(\frac{3 \text{ m}}{a}\right)^{2,3}$$

Das Streufeld wird also von den technischen Daten bestimmt und lässt sich ohne deren Änderung kaum beeinflussen.

#### Streufeld des Transformators beim Kurzschluss oder beim Einschalten

Der Kurzschlussfall ist ein seltener, aber extremer Belastungszustand des Transformators. Das daraus resultierende Streufeld verhält sich ebenfalls proportional zum Strom. Der Kurzschlussstrom entspricht einer Funktion der Kurzschlussspannung:

$$I_k = I_N / u_z \cdot 100$$

oder nach [10]:

$$I_{k\text{max}} = I_k \cdot K$$

Für  $u_z = 4\%$  und Stoßfaktor  $K = 1,8$  erhält man damit im Kurzschluss kurzzeitig Streufelder, die maximal um den Faktor  $25 \cdot 1,8 = 45$  oder bei  $u_z = 6\%$  um  $16,7 \cdot 1,8 = 30$  über den Nennwerten liegen können.

Im **Einschaltaugenblick** kann dagegen im Extremfall durch Sättigung im Eisenkern sogar nahezu der Nutzfluss des Transformators im Luftraum innerhalb der speisenden Wicklung auftreten [6]. Dieser Maximalwert entsteht aber nur, wenn im Spannungs-Nulldurchgang zugeschaltet wird. Der Nutzfluss steht im Verhältnis zum Streufluss wie  $1/u_z$ , d. h., theoretisch würde bei  $u_z = 4\%$  oder  $6\%$  der 25- bzw. 16,7-fache Wert des Nennstreuflusses erreicht. Aufgrund der Dämpfung des Einschaltstroms durch Streuimpedanz und ohmschen Widerstand der Wicklung fällt die Streufeldüberhöhung aber deutlich geringer aus. Dementsprechend ist hier während der ersten Perioden des Einschaltstroms etwa mit dem 15- bis 10-fachen Wert des Nennstreuflusses zu rechnen.



### Messung des Streufelds

Man misst die Streufelder von Transformatoren auf verschiedene Weise, z. B. mit Hilfe von Hallsonden oder einer Messspule nach DIN VDE 0100-710 [7]. Dabei werden die durch die Streufelder in der Spule induzierten Spannungen mit einem Oszilloskop aufgenommen und ihre Kurvenform beobachtet. Durch Drehen der Messspule kann das Maximum oder die Richtung des Feldes eindeutig bestimmt und festgehalten werden. Mit einem Frequenzanalysator lässt sich auch der Oberschwingungsanteil im Feld ermitteln, wenn der Laststrom z. B. mit Oberschwingungen behaftet ist. Außerdem besteht damit die Möglichkeit, den Frequenzgang der Messspule zu berücksichtigen ( $U \sim Bf$ ) und von Frequenzspektren anderer Störquellen zu unterscheiden. Bestimmt man die Streufeldinduktion in verschiedenen Messabständen, so erhält man den Verlauf der Induktion über dem Abstand von der Störquelle.

### Grenzwerte

Die einzuhaltenden technischen Grenzwerte hängen von der Empfindlichkeit der Geräte ab, die durch diese magnetischen Störfelder beeinflusst werden können. Im **medizinischen** Bereich dürfen gemäß DIN VDE 0100-710 am Patientenplatz beim Elektrokardiogramm (EKG) maximal  $0,4 \mu\text{T}$  und beim Elektroenzephalogramm (EEG) maximal  $0,2 \mu\text{T}$  auf-

treten. Dies entspricht den Scheitelwerten Spitze – Spitze. Im technischen Bereich erlangt die Stöempfindlichkeit von Bildschirmen Bedeutung. Dort werden nach Angaben von Bildschirmherstellern als Störfestigkeit etwa  $1 \mu\text{T}$  angesetzt [8]. Beim Elektronenmikroskop liegt die Grenzfeldstärke sogar bei  $0,1 \mu\text{T}$ .

### Schutzmaßnahmen

Da das Feld mit annähernd der dritten Potenz des Abstands abnimmt, liegt als erste Maßnahme nahe, den Abstand des Transformators von der Stelle, an der Störungen zu erwarten sind, genügend groß zu wählen. Für den medizinischen Bereich wird in DIN VDE 0100-710 z. B. ein Abstand von 6 m als ausreichend angesehen. Die hier vorgelegten Daten und Kurven ermöglichen es, die entsprechend zulässigen Abstände für eine bestimmte Grenzfeldstärke auszurechnen oder auszuwählen. Bereits im Planungsstadium sollte man diese einfache Maßnahme berücksichtigen [9]. Spätere Dämpfungsmaßnahmen, wie gebündelte Verlegung von Unterspannungsableitungen oder Anwendung von Abschirmhauben, erweisen sich meist als aufwändig und verlangen intensive Untersuchungen. Monitorabschirmungen als Schutz gegen magnetische Streufelder gibt es allerdings auch bereits als fertige Produkte. Damit lassen sich prinzipiell auch noch im Nachhinein Störungen durch magnetische Streufelder reduzieren.

### Literatur

- [1] Council Directive 89/336/EEC of 3 May 1989 on the approximation of the laws of the Member States relating to electromagnetic compatibility; amended by Directives 91/263/EEC, 92/31/EEC, 93/68/EEC, 93/97/EEC.
- [2] Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Geräten (EMVG) vom 18. September 1998. Veröffentlicht im Bundesanzeiger am 25. September 1998.
- [3] EMVU-Verordnung. Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV) vom 16. Dezember 1996. Auszug aus dem Bundesgesetzblatt, Jg 1996 Teil I Nr. 66, ausgegeben zu Bonn am 20. Dezember 1996.
- [4] Haubrich, H.-J.: Biologische Wirkung elektromagnetischer 50-Hz-Felder auf den Menschen. Elektr.-wirtsch. 86 (1987) H. 16/17, S. 697–705
- [5] Hadrian, W.: Leitungen, Transformatoren und Schaltanlagen als Störquellen. Elektrotech. und Masch.-bau 101 (1983) H. 1, S. 21–28
- [6] Schäfer, W.: Transformatoren. Sammlung Götschen Bd. 952/952 a. Berlin: Walter de Gruyter, S. 104–108
- [7] DIN VDE 0100-710 Errichten von Niederspannungsanlagen – Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art
- [8] Kohling, A.; Zimmer, G.: Beeinflussung von Bildschirmarbeitsplätzen durch Magnetfelder. etz Elektrotech. Z. 114 (1993) H.12, S.758–763
- [9] Kohling, A.: EMV – Planung für Krankenhausneubauten. etz Elektrotech. Z. 106 (1985) H. 9, S. 428–430
- [10] DIN EN 60076-5:2006 Leistungstransformatoren-Kurzschlussfestigkeit

Herausgeber und Copyright © 2009:  
Siemens AG  
Energy Sector  
Freyeslebenstraße 1  
91058 Erlangen, Germany

Transformatorenwerk Kirchheim  
Power Transmission Division  
Transformers  
Hegelstraße 20  
73230 Kirchheim/Teck, Germany  
Tel.: +49 (0) 7021 508-0  
Fax: +49 (0) 7021 508-495

Wünschen Sie mehr Informationen,  
wenden Sie sich bitte an unser  
Customer Support Center.  
Tel.: +49 180/524 70 00  
Fax: +49 180/524 24 71  
(Gebühren in Abhängigkeit vom Provider)  
E-Mail: support.energy@siemens.com

Power Transmission Division  
Bestell-Nr. E50001-G640-A132  
Printed in Germany  
Dispo 19201, c4bs-Nr. 7481  
TH 101-090283 470194 SD 09091.0

Gedruckt auf elementar chlorfrei gebleichtem Papier.

Alle Rechte vorbehalten.  
In diesem Dokument genannte Handelsmarken  
und Warenzeichen sind Eigentum der Siemens AG  
bzw. ihrer Beteiligungsgesellschaften oder der  
jeweiligen Inhaber.

Änderungen vorbehalten.  
Die Informationen in diesem Dokument enthalten  
allgemeine Beschreibungen der technischen Möglich-  
keiten, welche im Einzelfall nicht immer vorliegen.  
Die gewünschten Leistungsmerkmale sind daher im  
Einzelfall bei Vertragsschluss festzulegen.