

Abstrahlungspegel von Kommunikationsnetzen

Erste Untersuchungen des Abstrahlverhaltens von Netzwerken vor dem Hintergrund der NB30

Vor dem Hintergrund der bekannten Störungen des Flugfunks durch Breitbandkabelnetze ergeben sich zunehmende Bemühungen, aus Funk-schutzgründen die Abstrahlungen von großflächig verlegten Telekommunikationsnetzen wie auch z.B. Ethernet, Telefon (bzw. DSL) oder Powerline-Kommunikation (PLC) allgemein zu begrenzen [1]. Neben dem EMVG und Produktnormen enthält die NB30 Regelungen bzw. weist Grenzwerte für die Abstrahlung aus Kommunikationsnetzen aus. Inwieweit Schirminhomogenitäten und Unsymmetrien die Abstrahlung von Telekommunikationskabeln beeinflussen können untersucht der folgende Beitrag.

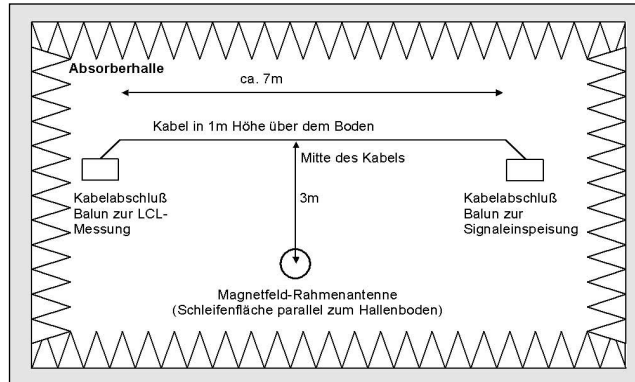


Abb. 1:
Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus

Die Abstrahlungen einzelner Geräte, die sich am Telekommunikationsnetz befinden, werden vom EMVG [6] auf der Basis europäisch harmonisierter Standards geregelt. Zusätzlich sind in §8 des EMVG die Befugnisse der RegTP zur Klärung von Unverträglichkeiten zwischen Telekommunikationsnetzen und Funkdiensten festgelegt. Für Telekommunikationsgeräte, die sich beim Betreiber des Netzes oder beim Kunden befinden, gelten u. a. die europäischen Normen EN300386 bzw. EN55022/24. Die Störabstrahlung wird in der EN300386 ab 30 MHz behandelt. Im niedrigeren Frequenzbereich existieren lediglich Kundenforderungen, wie z.B. die ITR9 der Deutschen Telekom, die eine maximale magnetische Störabstrahlung im Bereich von 10 kHz bis 30 MHz definiert. Die in der NB30 [1] genannten Grenzwerte für die Abstrahlung aus Netzen sind wesentlich niedriger als die für Geräte mit angeschlossenen Leitungen geltenden Grenzwerte. Daher ist eine Abschätzung, inwieweit es aus bestehenden Netzinstallationen zu relevanten Abstrahlungen im Sinne der NB30 bzw. der zugehörigen Messvorschrift MV05 [2] kommt, notwendig. Hinzu kommt, dass im Zuge des EU Mandats M/313 über einen harmonisierten europä-

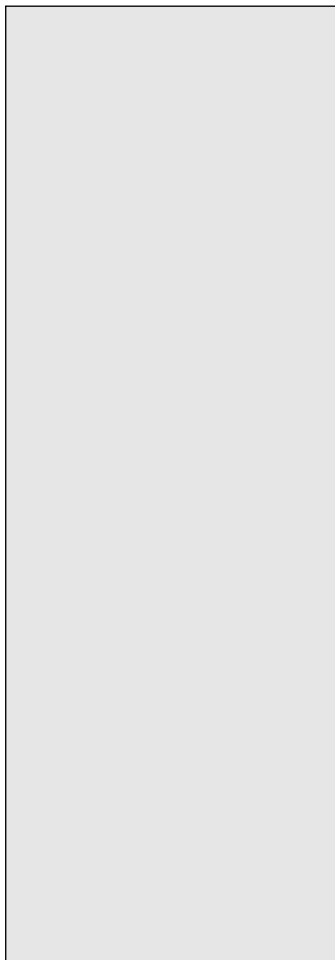
ischen Grenzwert für die Abstrahlung von Netzwerken beraten wird, wobei der NB30-Grenzwert als Ausgangsbasis dient. In diesem Beitrag wird der Frequenzbereich von 10 kHz bis 30 MHz betrachtet.

Symmetrie und Schirminhomogenitäten

Ursache einer Abstrahlung aus einem Telekommunikationsnetz ist die durch die Unsymmetrie des Netzes bedingte Umwandlung eines Teils des Gegentakt-Nutzsignals in ein abstrahlendes Gleichtaktsignal. Die Symmetrie eines Kabels bzw. eines Geräte-Ein- oder -Ausgangs kann mit dem Longitudinal Conversion Loss [3][5] $LCL = 20\log(E_L/V_T)$ [3][5] beschrieben werden. Hierbei [3] stellen bei der Messung des LCL für den Fall eines Eintors E_L die eingespeiste Gleichtaktspannung und V_T die daraus resultierende, gemessene Gegentaktspannung dar. In [5] werden die Messaufbauten nach [3] konkretisiert, allerdings wird die Gegentaktspannung V_T eingespeist und die Gleichtaktspannung E_L gemessen.

Im Fall eines geschirmten Kabels kann die Qualität des Schirms gegen Störeinkopplungen durch die komplexe Transferimpedanz beschrieben werden. Es wurde gezeigt [4], dass bereits Schirminhomogenitäten geringer geometrischer Ausdehnung zu einer signifikanten Erhöhung der Transferimpedanz führen können. Nach dem Reziprozitätstheorem ist somit für ein mit einer Schirminhomogenität versehenes Kabel auch mit einer höheren Störabstrahlung zu rechnen, als dies für ein

C.02



► Autor

LORENZ JUNG, Siemens AG;
Hofmannstraße 50, D-81359 München
Fon: +49/89/722-23904
Fax: +49/89/722-25045
E-Mail: lorenz.jung@siemens.com

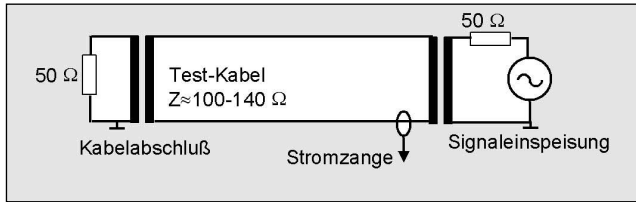


Abb. 2: Kabelbeschaltung bei der Abstrahlungsmessung

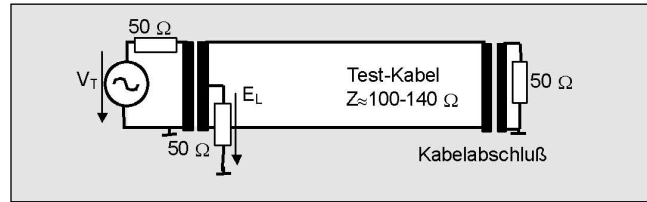


Abb. 3 : Kabelbeschaltung bei der LCL-Messung

nicht mit einer Schirminhomogenität versehenes Kabel der Fall wäre.

In einer realen, bestehenden Netzwerkinstallation können die Unsymmetrien und eventuell vorhandene Schirminhomogenitäten nur sehr ungenau abgeschätzt werden. Da eine komplexe Netzwerktopologie nicht allgemeingültig nachgestellt werden kann, wurde für den Versuchsaufbau eine stark vereinfachte Kabelführung gewählt.

Versuchsaufbau

Abb. 1 zeigt eine schematische Skizze des Versuchsaufbaus. In einer Absorberhalle (Netto 17,7 m x 10,9 m x 6,8 m) wurde das zu untersuchende Kabel auf einer Länge von ca. 7 m in 1 m Höhe über dem leitfähigen Boden geführt. An beiden Kabelenden befanden sich Balune, die sowohl dem Leitungsabschluss als auch der Signaleinspeisung bzw. der Messung des LCL dienen. In 3 m Abstand von der Kabelmitte befand sich eine kalibrierte Magnetfeld-Rahmenantenne mit Vorverstärker, deren Schleifenfläche in 1 m Höhe parallel zum Hallenboden orientiert war.

Bei der Abstrahlungsmessung diente ein Balun zur Wellenwiderstandsanpassung zwischen dem 50-Ω-Einspeisesystem und dem Test-Kabel. Der zweite Balun wurde angepasst abgeschlossen betrieben und diente als Leitungsabschluss für das Test-Kabel. Mittels einer Stromzange wurde die Leistung des einspeisenden Signalgene-

rators so kontrolliert, dass sich ein Gegentaktstrom von ca. 1 mA einstellte, der in etwa das Maximum der betrachteten Telekommunikationssignale darstellt.

Der typische Gegentaktstrom der ISDN-Amtsleitung (U_{k0}) fällt bis 500 kHz auf ca. 10 μ A ab. Der Signalstrom des ISDN-Signals auf der S_0 -Seite (vom NTBA zum Kunden-Endgerät

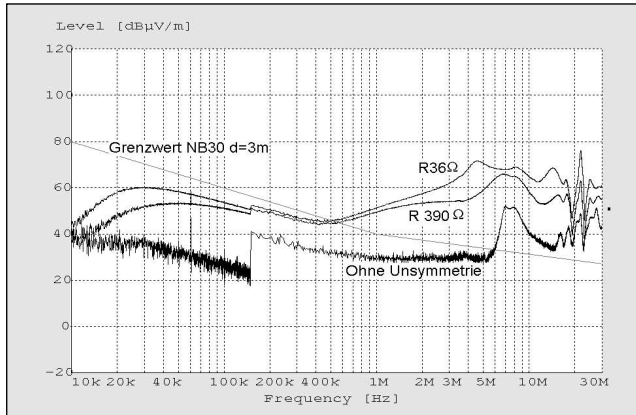


Abb. 4: Abstrahlung eines ungeschirmten Telefonkabels J-Y(ST)Y 2x2x0.6mm2

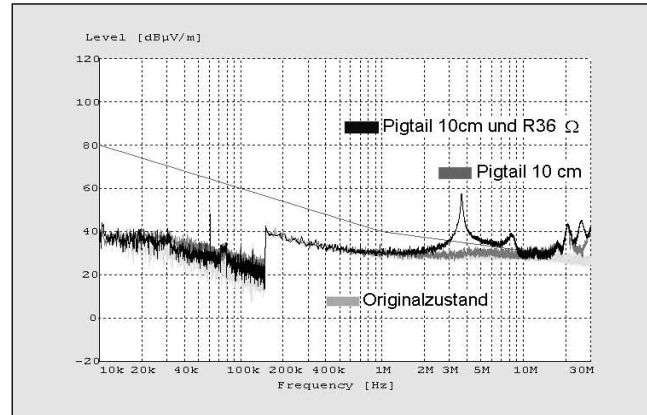


Abb. 5: Abstrahlung eines geschirmten 10BaseT-Ethernetkabels

hin) fällt bei ca. 4 MHz auf 10 µA ab. Ein 10BaseT-Ethernet-Signal erreicht das Strommaximum von 1 mA bei 5 bzw. 10 MHz. Erst jenseits von 20 MHz fällt der Gegentaktsignalstrom unter 10 µA. Die Stromspektren der erwähnten Signale sind in [7] ausführlich dargestellt.

Als Test-Kabel dienten ein geschirmtes CAT5-Ethernet-Kabel und ein ungeschirmtes, in älteren Hausinstallationen eingesetztes, Telefonkabel J-Y(ST)Y 2 x 2 x 0,6 mm². Bei beiden Kabeln wurde bei den Messungen jeweils nur ein gegeneinander verdrehtes Adernpaar nach den Abbildungen 2 und 3 für die jeweilige Messung beschaltet. Alle anderen Adern befanden sich im Leerlauf.

Messung der Unsymmetriedämpfung

Die Unsymmetrie wurde mit dem in Abb. 3 dargestellten Aufbau in Anlehnung an [5] gemessen. Der Einfluss der Balune wurde nach [5] bestimmt und berücksichtigt. Zur Variation der Unsymmetrie der Testkabel wurden bei beiden Kabeln Widerstände von 390 Ω und 36 Ω zwischen einer Ader und Masse eingesetzt. Bei dem Telefonkabel befanden sich diese Widerstände nahe dem Kabelabschluss. Bei dem Ethernet-Kabel wurde in der Kabelmitte eine Schirminhomogenität in Form einer Pigtail-Verbindung von ca. 10 cm Länge erzeugt und die Unsymmetrie-Widerstände an diesem Ort eingefügt. Die gemessenen LCL-Kurven sind in [7] dargestellt.

Abstrahlungsmessung

Die Abbildungen 4 und 5 zeigen die mit dem in Abschnitt ‚Versuchsaufbau‘ beschriebenen Messaufbau gewonnenen Messergebnisse. Für eine ungeschirmte, homogene Leitung ist bei konstantem Strom und realen Leitungsabschlüssen ein frequenzproportionales Ansteigen der Abstrahlung zu erwarten. Im Fall des un-

geschirmten Telefonkabels (Abb. 4) ist dieses Verhalten vom Einfluss der komplexen Leitungsabschlüsse, der vertikalen Kabelabschnitte und Ausbreitungseffekten überlagert, bzw. dominiert. In Hinblick auf den Grenzwert der NB30 treten im gewählten Testaufbau für das im Originalzustand befindliche Testkabel Grenzwertüberschreitungen erst im höheren Frequenzbereich auf, wo die Signalströme der ISDN-Signale genügend weit unter dem zur Abstrahlungsmessung eingespeisten Strom liegen. Beim Vorhandensein einer genügend großen Unsymmetrie, bedingt z.B. durch Beschädigung oder unsachgemäße Installation, sind Grenzwertüberschreitungen im mittleren Frequenzbereich zu erwarten.

Auch für das geschirmte Ethernet-Kabel (Abb. 5) gilt, dass die genannten Effekte des Messaufbaus das Messergebnis dominieren. Hinzu kommt der Einfluss des Kabelschirms. Es zeigt sich, dass sowohl eine beträchtliche Schirminhomogenität, hier eine Pigtail-Verbindung von 10 cm Länge, als auch eine beträchtliche Unsymmetrie vorhanden sein müssen, damit der NB30-Grenzwert deutlich überschritten wird. Da in dem Frequenzbereich, in dem die Grenzwertüberschreitungen auftreten auch der Signalstrom des Ethernet-Signals annähernd dem eingespeisten Strom entspricht, sind auch bei realem Ethernet-Datenverkehr Grenzwertüberschreitungen zu beobachten [7].

Zusammenfassung

Es wurde anhand einiger Beispiele vor dem Hintergrund der NB30 demonstriert, inwieweit Schirminhomogenitäten und Unsymmetrien die Abstrahlung von Telekommunikationskabeln beeinflussen. Die gewonnenen Messergebnisse erlauben erste Abschätzungen, unter welchen Bedingungen für drei Übertragungsverfahren bei bestehenden Netzwerkinstallationen Überschreitungen des NB30-Grenzwerts zu erwarten sind. Dabei wird entsprechend NB30/MV05 allein das für

das Übertragungsverfahren erforderliche Frequenzspektrum betrachtet.

Als Ausblick verbleibt die Frage, wie bei einer konkreten Messung nach MV05 eindeutig zwischen Signalen, die der Telekommunikation zuzuordnen sind und sonstigen Signalen auf einer Netzinstallation unterschieden werden kann. Ausgangspunkt dieser Unterscheidung ist das Gegentaktsignalspektrum der jeweiligen Telekommunikationssignale. Da gezeigt wurde, dass sich, selbst bei einem relativ konstanten LCL, der Verlauf dieses Signalspektrums bei der Abstrahlungsmessung nicht mehr nachweisen lässt, stellt diese Unterscheidung eine Hauptschwierigkeit bei der Anwendung der MV05 dar.

Literatur

- [1] NB 30, Nutzungsbestimmung 30, zugehörig zur Frequenzzuweisungsplanverordnung des BMWi veröffentlicht im Bundesgesetzblatt am 26.4.2001
- [2] RegTP 322 MV05 Teil 1, Messvorschrift 05, Messvorschrift zur Messung von Störfeldern an Anlagen und Leitungen der Telekommunikation im Frequenzbereich 9kHz bis 3GHz, Oktober 2001, zugehörig zu [2]
- [3] International Telecommunication Union, ITU-T Recommendation G.117: Transmission Aspects of Unbalance about Earth, 1996
- [4] L. Jung, J.L. ter Haseborg: Evaluation of Measured Complex Transfer Impedances and Transfer Admittances for the Characterization of Shield Inhomogeneities of Multiconductor Cables, IEEE Transactions on EMC, Vol. 41 No. 4, November 1999
- [5] CENELEC, prEN 50289-1-9, Communication Cables - Specifications for test methods Part 1-9: Attenuation unbalance, August 2000
- [6] Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Geräten (EMVG) vom 18/09/1998, Bundesgesetzblatt Teil I vom 24/09/1998
- [7] L. Jung, J. Born, J.L. ter Haseborg: Abstrahlung aus Telekommunikationsnetzen, EMV2002, Düsseldorf, VDE Verlag

Beitrag als PDF im Internet:

www.publish-industry.net
more @ click EK3C0202