Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 72 (1981)

Heft: 15

Artikel: Elektromagnetische Verträglichkeit

Autor: Szentkuti, B.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-905142

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Elektromagnetische Verträglichkeit

Bericht über das 4. Symposium mit technischer Ausstellung, Zürich, 10.–12. März 1981 [1])

1. Was ist die EMV?

Unter elektromagnetischer Verträglichkeit (EMV) versteht man die Fähigkeit eines Systems, in der vorgegebenen elektromagnetischen Umwelt störungsfrei zu arbeiten und anderseits andere Systeme dieser Umwelt nicht zu stören.

Die klassischen Probleme der EMV waren die atmosphärischen und industriellen Störungen (natural and man-made noise) in der Funktechnik sowie die Starkstrombeeinflussung ($16^2/_3$ und 50 Hz) in der Telefonie. Die allgemeine Verbreitung der Elektronik und Leistungselektronik vor dem Hintergrund der rapiden Zunahme des gesamten elektrischen Energieverbrauches haben aus der EMV eine fast alle Sparten der Elektrotechnik umspannende Disziplin gemacht. Es müssen immer mehr elektronische Fernmelde-, Regel- und Messsysteme auf immer engerem Raum untereinander sowie mit Systemen der Leistungselektronik und Leistungstechnik koexistieren können.

Die Wissenschaft und Technik der EMV beschäftigt sich mit den *Störquellen* (Entstehungsort und -physik der Störsignale: Rauschen, Oberwellen, Impulse usw.), mit der *Ausbreitung und Einkopplung* der Störsignale (durch elektromagnetische Felder, Signal- und Netzkabel usw.), mit den *störbaren Systemen* (Störempfindlichkeit bzw. Störfestigkeit dieser Systeme, Wirkung der störenden Signale) sowie mit den *Massnahmen* gegen die Störbeeinflussung.

2. Die Konferenz 1981

Die EMC 1981 knüpft an die Tradition der von den gleichen Initianten organisierten und in Westeuropa durchgeführten internationalen EMV-Konferenzen an, nämlich an die EMC 1975 und 1977 in Montreux und an die EMC 1979 in Rotterdam. Die EMC 1981, an der ETH Zürich durchgeführt, konnte Rekordzahlen bei den Teilnehmern (530) und Ausstellern (25) verbuchen. Dies ist nicht überraschend, denn die Konferenz spricht aktuelle Probleme an, und die Konferenzreihe hat sich zu einer sehr geschätzten Institution etabliert. Neben den technischen Beiträgen sind es die Seminare, die international beschickte technische Ausstellung und vor allem die Möglichkeit, sich mit EMV-Fachleuten aus aller Welt persönlich aussprechen zu können, die die Konferenz so attraktiv machen.

Die 102 technischen Beiträge, wovon die Hälfte aus den USA und der Schweiz stammte, wurden in 18 Sitzungen mit folgenden Titeln behandelt:

A Spread spectrum compatibility (Verträglichkeit der neuen Bandspreiztechnik)
B Interference and noise (Störbeeinflussung und -geräusche)
C Intrasystem EMC (Intrasystem EMV)
D Spectrum utilization (Spektrum-Ausnützung)
E Nuclear EMP I (nuklearer elektromagnetischer Impuls I)
F EMI in microelectronics (elektromagnetische Störbeeinflussung in der Mikroelektronik)
G Biological effects (biologische Auswirkungen)
H Nuclear EMP II
I Coupling (Kopplungen)
J Immunity (Störfestigkeit)
K EMC in communications (EMV in der Fernmeldetechnik)
L Particular EMI sources (spezielle elektromagnetische Störquellen)
M EMC measurements options (Möglichkeiten in der EMV-Messtechnik)
N Reliability, limits, measurements (Zuverlässigkeit, Grenzwerte, Messtechnik)
O Available EMC Computer programs (verfügbare EMV-Rechenprogramme)
P Shielding and grounding (Schirmung und Erdung)
Q Lightning and powerlines (Blitz- und Hochspannungsleitungen)
R EMC analysis and modeling (EMV-Analyse und -Modelle)

Der vollumfängliche Text der Beiträge ist im Konferenzband «EMC 1981» zusammengefasst [2]). Hier soll eine nach EMV-Hauptgebieten eingeteilte Übersicht über die technischen Beiträge gegeben werden (Grossbuchstaben in Klammern geben die Sitzung an, Zahlen die Beitragsnummer).

3. Die technischen Beiträge

3.1 Störquellen (L, R, zum Teil B, Q)

Es ging um die theoretische und messtechnische Erfassung und um die mathematische und statistische Beschreibung von Störquellen, sei es als einzelne Quellen oder als eine räumlich und zeitlich statistisch verteilte Menge von Quellen. Bei der statistischen Beschreibung der Gesamtheit von technischen Störquellen sind zwei Hauptrichtungen zu erkennen: Die erste sucht nach einer Darstellung, die einfach und doch aussagekräftig ist für den Entwickler von Funksystemen, der die Störumgebung als gegeben annehmen muss und der sein Funksystem für die gegebenen Umstände optimal störfest auslegen muss (B1). Die zweite Hauptrichtung sucht nach einer Beschreibung, die die individuelle Wirkung einzelner Störquellentypen auf Funksysteme möglichst klar darstellt, damit man Schlüsse ziehen kann für sinnvolle Massnahmen bei den Störquellen (R1).

Viele Beiträge brachten neue Ergebnisse zu bekannten Störquellen wie Zündsystemen von Verbrennungsmotoren, Hochspannungsleitungen, Starkstromanlagen, thyristorgesteuerten Lokomotiven, Haushaltgeräten, Induktionsfeldern von Blitzen usw. Daneben entpuppen sich moderne Windgeneratoren mit ihren grossen metallischen Rotorblättern als neue Störquellen: Die rotierenden Blätter verursachen eine zeitlich periodisch ändernde Streuung der elektromagnetischen Wellen; direkte und gestreute Wellen überlagern sich dabei zu einem neuen phasenmodulierten Signal; dieser Beitrag kam natürlich aus den Niederlanden (L6).

3.2 Kopplungen (I, P, zum Teil C, E, H, K, O)

Es ging um die Fragen der galvanischen und elektromagnetischen Ausbreitung und Einkopplung von unerwünschten Signalen sowie um die Verminderung der Kopplung. Neben Kopplungsproblemen zwischen Antennen befassen sich viele Beiträge mit der exakten oder approximativen Ermittlung der Kopplung von elektromagnetischen Feldern in geschirmte und in ungeschirmte Leitungen, in Freileitungen und in erdverlegte Kabel sowie in voll- und in geflechtsgeschirmte Kabel. Auch das klassische Streitobjekt der Erdung von Kabelschirmen wurde behandelt, mit der Empfehlung von keiner oder Einpunkterdung gegen die tiefen und Mehrpunkterdung gegen die hohen Störfrequenzen (P2).

Ein aktuelles Problem, die Einkopplung von transienten Störsignalen aus dem Starkstromnetz in Koaxialkabel, wurde physikalisch gut beleuchtet (I7). Als Beispiel für die Spitzentechnologie in der Schirmung wurde ein Abschirmraum vorgestellt, der auch niederfrequente Magnetfelder gut schirmt (80 dB Dämpfung bei 0,1 Hz, P3).

Es sind Ansätze vorhanden, die komplexen Schirmungs- und Kopplungsprobleme – insbesondere im Zusammenhang mit EMP – von der Netzwerk-Topologie und -Theorie her anzugeben. Schade, dass konkrete Beispiele fehlten (E1, H1, R2).

3.3 Störfestigkeit (F, J, zum Teil B, C, G, K)

Hier ging es vor allem um die Störfestigkeit bzw. Störempfindlichkeit der Funk- und Regelsysteme sowie der Mikroelektronik in der Gegenwart von einzelnen definierten oder aber statistisch beschriebenen Störsignalen. Hochtheoretische, aber auch experimentelle Untersuchungen wurden vorgestellt (Sitzung B und J1, J2). Eine wesentliche Rolle spielt auch die Frage, welche Grössen wie zu messen sind, um mit kleinem Aufwand eine möglichst zuverlässige Aussage über die Störfestigkeit zu erhalten (C4, J1, J5).

Eindrücklich ist die Herausforderung, die die Entwicklung moderner und komplexer Automobilelektronik an den EMV-Ingenieur stellt. Eine lesenswerte EMV-Checkliste wurde hierzu angegeben (F6).

[1]) EMC 1981, 4th Symposium and Technical Exhibition on Electromagnetic Compatibility.

[2]) «EMC 1981» sowie die früheren Konferenzbände können zu je sFr. 100.– bezogen werden bei Dr. T. Dvořák, ETH Zentrum-IKT, 8092 Zürich, Telefon (01) 2562790.

Die *biologische Auswirkung* elektromagnetischer Felder auf Lebewesen gehört im erweiterten Sinne auch zum Problemkreis der Störfestigkeit (vgl. Bull. SEV 17/1980). Für magnetische Langzeitbelastung im Frequenzbereich 5...50 Hz wurde aufgrund experimenteller Ergebnisse ein vorläufiger Grenzwert von 5 mT vorgeschlagen (G2). Bedenklich sind die Ergebnisse einer anderen Untersuchung, die gezeigt haben, dass bei industriellen und medizinischen Hochfrequenzanlagen die üblichen Grenzwerte bezüglich zulässiger Feldstärke oft nicht eingehalten werden (G5).

3.4 Gegenmassnahmen
(A, D sowie zahlreiche Einzelbeiträge in verschiedenen Sitzungen)

Die Massnahmen gegen die elektromagnetische Störbeeinflussung können planerischer, systemtechnischer oder konstruktiver Art sein.

Zu den *planerischen* Massnahmen gehört unter anderem die Frequenzplanung in der Funktechnik (Ort, Frequenz, Leistung, Oberwellen usw.). Neue Methoden und die guten Erfahrungen mit der rechnerunterstützten Planung wurden in einer eigenen Sitzung behandelt (D).

Eine *systemtechnische* Massnahme ist die Anwendung der Bandspreiztechnik, einer speziellen Modulationsart. Sie erlaubt unter Umständen auch dann noch eine gute Informationsübertragung, wenn der Übertragungsweg schlecht definiert und zum Teil mit starken Störsignalen belegt ist. Den Möglichkeiten und Problemen dieser Technik wurde eine Sitzung gewidmet (A). Als interessante Anwendung wurde die gebäudeinterne Kommunikation mit dem Niederspannungsnetz als Übertragungsmedium untersucht (z.B. für Gebäudeautomation, A1).

Zahlreich sind die möglichen *konstruktiven* Massnahmen. Ein Teil derselben wurde im bereits erwähnten Problemkreis über Kopplungen behandelt. Auch die Filterung gehört zu den klassischen konstruktiven Massnahmen. Erwähnenswert sind heute noch Tiefpassfilter, wenn sie für ungewöhnliche Leistungen oder für ungewöhnliche Spannungen (500 kV) ausgelegt sind und dabei bis zu relativ hohen Frequenzen (bis MHz-Bereich) gut sperren können (N5).

Grosse Bedeutung haben heute die Faseroptik-Verbindungen für digitale und breitbandige analoge Signale, da sie von elektromagnetischen Feldern normalerweise nicht beeinflusst werden und gleichzeitig eine galvanische Trennung erlauben (M6, Q3, Q4). Dabei verdienen die Berichte über Analog-Verbindungen mit hoher Stabilität und Dynamik sowie mit einem Frequenzband von ca. 100 Hz bis 200 MHz besondere Beachtung (M6, Q3).

Überspannungsschutzelemente wurden in mehreren Beiträgen behandelt, unter anderem auch im Zusammenhang mit NEMP, wobei systematische messtechnische oder rechnerische Ergebnisse im Vergleich zum Experiment vorgestellt wurden (H3, O4).

3.5 Messtechnik (M, N, zum Teil E, G, H, J)

Eindrücklich waren die vielen Beiträge über die Äquivalenz und über die Unterschiede zwischen verschiedenen Messplätzen und Methoden sowie über die Gültigkeit vereinfachter Alternativmethoden. Meistens ging es darum, das Störvermögen oder die Störfestigkeit möglichst einfach und möglichst aussagekräftig zu erfassen (J1, J5, M1, M4, M5, N2, N4).

Mehrere interessante Antennen und Sonden wurden vorgestellt, die sich durch folgende Eigenschaften auszeichnen: besonders grosse Bandbreite (elektrische und magnetische Antennen 800 Hz...200 MHz, M6) oder annähernd isotrope Strahlungscharakteristik (elektrische und magnetische Antennen für hohe Feldstärken, G6) oder gleichzeitige Messung von elektrischer und magnetischer Feldstärke (G3) oder aber besonders wirkungsvolle Ein- und Auskopplung von Testsignalen mit einer neuen Stromsonde (Parallel-Serie-Schaltung von Toroidkernen, N6).

Zur Prüfung der EMP-Festigkeit von Geräten und Systemen stehen neuere und flexiblere Testeinrichtungen zur Verfügung (E5, E6, E7).

3.6 Allgemeine Tendenzen

Wie in allen Bereichen der Elektrotechnik gewinnen auch in der EMV-Analyse und -Planung die rechnerunterstützten Methoden immer mehr an Bedeutung, und zwar mit Schwerpunkt auf den Kopplungsproblemen (Antennen, Kabel, Netzwerke; vor allem Sitzung O).

Eindeutig ist aber auch der Wunsch nach vereinfachten Methoden sowohl in der Theorie als auch in der Messtechnik, denn die Menge der anfallenden EMV-Aufgaben wächst stürmisch. Dies führt unter anderem dazu, dass die approximativen und statistischen Methoden auch dort Platz finden, wo früher exakte Analysen durchgeführt wurden. Eine detaillierte Rechnung und Messung wird trotz bekannter Theorien, Computer und automatisierter Messplätze oft zu aufwendig. Parallel zu dieser Entwicklung ist eine immer stärkere Abstützung auf die Methoden der Zuverlässigkeits- und Sicherheitstechnik (safety and reliability engineering) festzustellen (C1, C4, I1, I4, F5, J3, N1).

Das ausgesprochen grosse Interesse an den beiden EMP-Sitzungen und am EMP-Seminar beweist, dass in diesem Bereich ein grosses Informationsbedürfnis besteht. (Ausführliches über EMP: siehe Bull. SEV 17/1980).

4. Die Auszeichnungen

Drei Beiträge wurden vom technischen Programmkomitee mit einem Preis ausgezeichnet. Zwei davon erhielten ex aequo einen ersten Preis. Der erste untersucht die Gültigkeit üblicher approximativer, niederfrequenter Rechenmodelle zum Übersprechen bei parallelen Leitungen und stellt fest, dass im allgemeinen Fall den Approximationen viel engere Grenzen gesetzt sind als bisher angenommen (C2). Der zweite Beitrag ermittelt sehr einfache approximative Rechenverfahren zur Kopplung von elektromagnetischen Wellen zu Vielfachleitern (Kabelbündeln); die exakte Lösung dieses Problems ist zwar bekannt, aber zu aufwendig (I1). Ein weiterer Preis ging an einen Beitrag über die Störfestigkeit von TV-Empfängern gegenüber Kurzwellenfeldern: Es wurde gezeigt, dass in der Störbeeinflussung nicht die direkte Wirkung des Feldes auf den Empfänger, sondern der auf dem Netz- und Antennenkabel induzierte Strom dominiert; einfache Prüfmethoden und Entstörmassnahmen wurden zudem entwickelt (I1).

Ferner wurden drei Beiträge gewürdigt («outstanding paper citation»), und zwar über Alternativen zu Strahlungsmessplätzen im Freigelände (M1), über die Eichprobleme des «IEC-3-Meter-Messplatzes» für Strahlungsmessungen (N4) und über neue und genauere physikalische Modelle bei der Kopplung durch dichte Geflechtsschirme bei Koaxialkabeln (P1).

5. Die Seminare

Die drei Seminare (über EMV-Diagnose, über EMP und über die Verwendung von programmierbaren Rechnern in EMV-Analyse und -Planung) hatten Ausbildungscharakter und waren auch für den Nichtspezialisten geeignet. Sie waren alle gut besucht, insbesondere jenes über EMP.

6. Die Ausstellung

Die Ausstellung reflektierte die Schwerpunkte der heutigen EMV-Technik: automatisierte Messplätze, vermehrtes Angebot von Faseroptik-Verbindungen, neue EMP-Testapparaturen, Analyse- und Simulationsgeräte für Netz-Störspannungen, hochentwickelte Schirmungstechnik und ein sich immer noch ausdehnender Markt für EMV-Filter und Überspannungsschutzelemente.

Die EMC 1983 wird im März 1983 wiederum an der ETH in Zürich durchgeführt.

B. Szentkuti, GD PTT