Elektromagnetische Verträglichkeit

Autor(en): **Dvorak, T.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **70 (1979)**

Heft 17

PDF erstellt am: **30.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-905432

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

Elektromagnetische Verträglichkeit

Vom 1. bis 3. Mai 1979 fand in Rotterdam das 3. westeuropäische Symposium mit technischer Ausstellung über elektromagnetische Verträglichkeit (EMV bzw. EMC, Electromagnetic Compatibility) statt. Wie in den Jahren 1975 und 1977 in Montreux wurde die Konferenz vom Institut für Hochfrequenztechnik der ETHZ organisiert. Anlass zur Verlegung des Tagungsortes nach Holland war die anschliessende Tagung des Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques (CISPR) in den Haag. Besonders für Delegierte aus Übersee ergab sich daraus die Gelegenheit, an beiden Veranstaltungen teilzunehmen. Mit über 450 Teilnehmern aus 25 Ländern und 22 Ausstellern verzeichnete das Symposium denn auch seinen bisher grössten Erfolg.

Wie schon in den früheren Jahren wies das Konferenzprogramm zwei Schwerpunkte auf: Im wissenschaftlichen Teil wurden 107 Vorträge gehalten, die im 570seitigen Sammelband der Konferenz zusammengefasst sind. Sieben Beiträge wurden mit Ehrendiplomen und Geldpreisen ausgezeichnet.

Der zweite Teil des Programms war auf die EMV-Praxis und vor allem auf die Bedürfnisse der Ingenieure, die zum erstenmal mit EMV-Problemen konfrontiert werden, ausgerichtet. In vier zweistündigen Kursen (work-shops) wurden EMV-Diagnostik, Schirmung, Computeranwendungen in EMV-Planung und Entwicklung sowie Erfahrungen mit praktischer Anwendung von EMV-Normen des CISPR und anderer Organisationen in einzelnen Ländern behandelt. Zwei Kurzfilme wie auch instruktive Exponate einzelner Aussteller zur Schirmung, Messtechnik, EMV-Projektierung, zu speziellen Technologien und zur EMV-Fachausbildung vervollständigten diesen Teil.

Technisch zeichneten sich im Verlauf des Symposiums einige neue Tendenzen ab. Überraschend viele Länder scheinen sich wieder mit Blitzentladungen (oder im allgemeinen mit dem di/dt-Problem) zu befassen, wobei sich die Aktivitäten von Modellierung der Blitzeffekte und künstlicher Blitzerzeugung (es wurde über eine grosse Anlage in Saint-Privat-d'Allier in Frankreich berichtet), über das Studium der durch den Ableitstromstoss induzierten Felder bis zu neuartigen Blitzschutztechnologien erstrecken. Diese Entwicklung verwundert nicht, wenn man sich vergegenwärtigt, in welchem Ausmass hochempfindliche Logik in modernen Bauten und Systemen (Flugzeuge, Schiffe, Schienen- und Strassenverkehr, Energietransport usw.) eingesetzt wird. Die üblichen Schutzmassnahmen gegen thermische Zerstörungseffekte der Blitzentladung genügen heute nicht mehr, da der sekundäre Feldimpuls eines erfolgreich abgeleiteten Blitzstromes immer noch verheerende Auswirkungen auf die Funktion der installierten Computer, Prozessrechner und Mikroprozessorsteuerungen haben kann.

Zwei volle Sitzungen des Symposiums wurden einem der grössten Probleme des heutigen Funkwesens gewidmet: dem Mangel an Frequenzen, der durch steigende Ansprüche an neue Funkkanäle in einem Frequenzspektrum, das nicht erweitert werden kann, verursacht wird. Mit dieser Problematik befassen sich zurzeit fast alle Funkverwaltungen. Einmal wird eine Revision der bestehenden Frequenzzuteilungen anvisiert, die eine bessere Nutzung des elektromagnetischen Spektrums gestatten soll. Die geplante Umverteilung stützt sich auf moderne Computertechnik, die es ermöglicht, die Frequenzzuteilungen in Frequenz-, Raum- und Zeitebene unter Berücksichtigung einer Vielfalt von technischen Daten zu optimieren. Einen wichtigen Parameter liefert dabei die automatisierte Messtechnik, mit deren Hilfe Daten über die effektive Belastung des Frequenzspektrums gesammelt und verarbeitet werden können. Die kommende World Administrative Radio Conference (WARC), die im Oktober 1979 in Genf beginnt, soll den neuen Erkenntnissen Rechnung tragen.

Ausserdem wird an technischen Massnahmen gearbeitet, als deren Hauptziele man die Unterdrückung aller nicht für Kommunikation vorgesehenen Emissionen und die Entwicklung neuer Modulations-, Kodierungs- und Betriebsverfahren, die eine Mehrfachbelegung der Frequenzbänder gestatten würden, bezeichnen kann. Auf dem ersteren Gebiet ist in der Funkentstörung durch Festlegung der Grenzwerte für die Störwirkung von Stromverbrauchern, die nicht zur Nachrichtenübertragung bestimmt sind, wertvolle Vorarbeit geleistet worden. Man versucht nun, den Einfluss dieser eher auf Erfahrungswerten basierenden Standardisierung auf den Gesamtpegel der industriellen Störungen technisch objektiv zu erfassen. In der Sitzung «Spectrum management» wurden die langjährigen Untersuchungen des Leningrader Instituts für Wissenschaft und Forschung zu diesem Thema in einem Beitrag zusammengefasst. Die vorgestellte Methodik berücksichtigt alle wichtigen Parameter des Nutzsignals sowie der Störung und gestattet eine statistische Aussage über den Wirkungsgrad einzelner Massnahmen zur Verbesserung der Übertragungsgüte. Die theoretischen Untersuchungen werden durch das Sammeln von Messdaten in verschiedenen Ländern unterstützt; in diesem Jahr haben sich mehrere Autoren mit Kraftfahrzeugen befasst.

In einer Sitzung über «Modeling and measuring noise and interference» stellte *Prof. Middleton* (USA) eine Zusammenfassung seiner Untersuchungen über reale Modelle der elektromagnetischen Umwelt vor. Die mit dem ersten Preis des Symposiums ausgezeichnete Arbeit stellt einen wertvollen Beitrag zur statistischen Theorie der Kommunikation dar. Bis anhin wurde z. B. die Störfestigkeit eines Demodulations- oder Kodierungsverfahrens mit diskreten Signalen oder mit weissem Rauschen getestet. Die wirkliche elektromagnetische Umwelt weicht jedoch von diesen Idealfällen stark ab; im allgemeinen ist sie ein Gemisch von atmosphärischem und thermischem Rauschen, diskreten modulierten und unmodulierten Signalen und quasiimpulsiven Störungen mit unterschiedlichen Parametern. Daraus ergeben sich zum Teil drastische (20 dB und mehr!) Unterschiede zwischen der erwarteten und tatsächlichen Leistung eines Funksystems. Die von Middleton aufgestellten kanonischen, analytisch und numerisch traktablen Störsignalmodelle ermöglichen eine genauere Beurteilung existierender Systeme und somit auch eine Verbesserung ihrer Eigenschaften in bezug auf reale Betriebsbedingungen.

Eine interessante Sitzung war dem Thema «Predicting RFI effects in integrated circuits» gewidmet. An dieser Problematik wird zurzeit in den USA intensiv gearbeitet, und es ist nicht auszuschliessen, dass sie in der Zukunft zu einem zentralen Problem des Einsatzes mikroelektronischer Bauteile wird. Die Gründe dafür könnte man etwa wie folgt zusammenfassen: Um schnell zu rechnen, muss die Logik immer breitbandiger, um mehr Elemente pro Flächeneinheit unterzubringen, müssen die Wärmeverluste und somit auch die Schaltleistung immer kleiner werden. Dies bewirkt aber, dass mit höherer Integrationsstufe und Rechengeschwindigkeit auch die Störempfindlichkeit der Elemente wächst. Dies wird noch durch den Umstand bestärkt, dass sowohl die Anzahl der störempfindlichen Systeme als auch die Anzahl der potentiellen Störer (Sender, Starkstromelektronik usw.) ungemein schnell wachsen. Das Endergebnis ist eine steigende Störfallwahrscheinlichkeit, die sich auch praktisch auswirkt. Überhaupt sollte man beim Ersatz von mechanischen Systemen durch Mikroelektronik Vorsicht üben und vermehrt daran denken, dass integrierte Schaltungen unter elektromagnetischer Beeinflussung kurzzeitige Fehlfunktionen zeigen können, ohne dass dies später feststellbar ist.

Weitere Sitzungen behandelten «Magnetic fields», «Biological effects», «Electromagnetic fields», «Immunity and susceptibility», «Nuclear electromagnetic pulse», «Shielding», «Communications and cables», «EMI effects of power lines and systems, «Measuring methods and production testing», «Frequency analysis, synchronisation, filtering» und «Ignition and gas discharge noise».

Schon aus dieser unvollständigen Aufzählung geht hervor, welch breites Spektrum die EMV-Disziplin heute umfasst. Ihr schnelles Wachstum dokumentiert auch die zunehmende Anzahl der EMV-Veranstaltungen: Das erste EMC-Symposium wurde 1958 in den USA vom Institute of Electric and Electronic Engineers (IEEE) veranstaltet. In Europa hat die technische Hochschule in Wroclaw (Polen) 1972 das erste EMV-Symposium

durchgeführt. Im Unterschied zu dem jährlichen Symposien in den USA wiederholt sich diese Veranstaltung alle zwei Jahre; das 4. dieser EMC-Symposien im September 1978 verzeichnete eine Teilnahme von 200 Fachleuten aus 18 Ländern. In Westeuropa wurde das erste Symposium, wie erwähnt, im Jahre 1975 in der Schweiz organisiert. Neben den zwei jeweils alle zwei Jahre wiederkehrenden europäischen Symposien wurde 1978 vom englischen Institute of Electronic and Radio Engineers (IERE) ein weiteres Symposium veranstaltet, das 1980 wiederholt werden soll. Ausserdem wurden in den letzten Jahren lokale Tagungen in verschiedenen europäischen Ländern durchgeführt, wobei bezeichnend ist, dass alle diese Veranstaltungen eine gute Teilnahme verzeichnen konnten.

Die Disziplin der elektromagnetischen Verträglichkeit befindet sich in rascher Entwicklung und wird mit dem Einzug der Mikroelektronik in unser Leben immer mehr an Bedeutung gewinnen. Sie macht dabei auch einen grundsätzlichen Wandel durch: Von der ursprünglichen Empirik, mit der oft nachträglich Probleme behandelt wurden, wendet sie sich immer mehr einer exakten mathematischen Behandlung zu, die eine Vorhersage aufgrund theoretischer Problemanalyse ermöglicht. Dies hat vor allem die moderne Computertechnik möglich gemacht, mit deren Hilfe auch sehr komplizierte Aufgaben gelöst werden können.

Diese Entwicklung stellt natürlich erhöhte Forderungen an die Fachausbildung. Es genügt nicht mehr, die existierenden Fachkräfte ad hoc mit EMV-Problemen zu beauftragen. Dies haben auch bereits viele Betriebe und Organisationen erkannt, bei denen in den letzten Jahren neue Fachstellen errichtet wurden, an denen EMV-Spezialisten tätig sind. Für diejenigen Unternehmen, die solche Massnahmen erwägen, bieten die erwähnten Veranstaltungen jeweils eine gute Gelegenheit, sich auf diesem Gebiet zu orientieren. *T. Dvorak, ETHZ*

Im Blickpunkt – Points de mire

Energie

Schnelle Brutreaktoren, Entwicklungsstand und -tendenzen

[Nach *G. Kessler:* Schnelle Brutreaktoren – Entwicklungsstand und weitere Entwicklungstendenzen. Kerntechnik 20(1978)8/9, S. 349...356]

Die von Präsident Carter 1977 eingeleitete Politik der nuklearen Nonproliferation hat zu einer Streckung mit Umstrukturierung des amerikanischen Entwicklungsprogramms geführt. Trotz vorläufigen Verzichts auf die zivile Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen wird die Brüterentwicklung jedoch stark gefördert. Die anderen Länder führen ihre Brüterprogramme ohne Umstrukturierung planmässig weiter.

Die schon seit mehr als 10 Jahren in Betrieb befindlichen Prototyp-Brüterkraftwerke von 20...40 MW in England, USA, UdSSR und Frankreich haben bewiesen, dass sich die physikalischen Charakteristiken des Schnellbrüterkernes mit Sicherheit vorausbestimmen lassen. Die Betriebserfahrungen mit dieser ersten Generation von Versuchsreaktoren bildeten die Grundlage für den Bau von Brüterkraftwerken der zweiten Generation mit einer elektrischen Leistung von etwa 250 MW. Drei Prototypen liefern bereits mehrjährige günstige Betriebsresultate:

Der französische Reaktor Phénix, in Betrieb seit 1973, hat alle neutronenphysikalischen, sicherheitstechnischen und materialtechnischen Konstruktionsdaten bestätigt und 1974/75 einen Lastfaktor von 70 % erreicht. Ein Natriumleck in einem Zwischen-Wärmetauscher verursachte 1976 eine längere Betriebsphase mit reduzierter Leistung bis zur Wiederinbetriebsetzung 1978 mit voller Leistung.

Das britische Versuchs-Reaktorkraftwerk PFR lieferte 1975 erstmals Strom ins Verteilnetz. Reaktoren mit Mischoxid-Brennelementen, Instrumentierung sowie primäre und sekundäre Na-Kreisläufe zeigten ausgezeichnetes Betriebsverhalten. Unerwartete Schwierigkeiten durch Lecks sind bei den Dampfkreisläufen (Na-H_2O-Dampferzeuger) aufgetreten. Seit 1977 läuft das Kraftwerk mit Vollast 250 MW und hoher Verfügbarkeit.

Der russische Prototyp-Brüter BN-350 ging 1973 mit Erfolg in Betrieb. Neben 100 MW elektrischer Energie liefert er ca. 3000 t/h Prozessdampf für eine Meerwasser-Entsalzungsanlage. Seit 1976 steht er mit 660 MW (th) und einer Verfügbarkeit von 88 % im Vollbetrieb.

Im Hinblick auf grosse Brüteranlagen sind intensive Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Gange bezüglich Reaktorphysik, Brennstoff und Werkstoffe. Das Problem der Sicherheit nimmt ferner einen zentralen Platz ein, insbesondere sind es Analysen über den Ablauf aller denkbaren Störungen bei der Kühlung. Modellversuche haben z. B. ergeben, dass die Kühlung eines zerstörten und geschmolzenen Kernes innerhalb des Reaktortanks bei intakten Haupt- und Notkühlkreisläufen möglich sein sollte.

Die Phase der Grossbrüter-Demonstrationskraftwerke ist im Juli 1977 mit dem Baubeginn des französischen Super-Phénix von 1200 MW eingeleitet worden. Die für diese Anlage verwendeten Wendelrohr-Dampferzeuger stellen eine Neuentwicklung dar. Die Brennelemente mit 271 Brennstäben sollen einen Abbrand von total 10^5 MWd/t (24.10^5 kWh/kg) erzielen. Man rechnet für 1983 mit dem Vollastbetrieb. In Grossbritannien befindet sich das Brüterkraftwerk CDRF von 1320 MW in Detailplanung; in der UdSSR ist eine 1600-MW-Grossanlage im Detail fertig geplant; ein diesbezüglicher Baubeschluss ist nicht bekannt. In der BRD und in den USA sind Konzeptstudien für Grossbrüteranlagen von 1300 und 1500 MW im Gange.

Parallel zum Bau von Grossbrüteranlagen muss die Entwicklung des Brennstoffzyklus hinsichtlich Wiederaufbereitung und Refabrikation vorangetrieben werden, da die abgebrannten Brennelemente aus Wirtschaftlichkeitsgründen nach etwa einem Jahr refabriziert und in den Reaktor zurückgeführt werden müssen. *M. Schultze*

Energietechnik – Technique de l'énergie

Développement d'un câble supraconducteur pour la transmission de grandes puissances en courant alternatif

[D'après *G. Bogner, P. Penczynski* et *F. Schmidt:* Development of a Superconducting High Power AC Cable; Development of Conductors and Measurement of their AC Losses; Development and Performance of a Single-Phase Termination. Siemens Forschungs- u. Entwickl.-Ber. Bd. 8(1979)1; S. 1...22]

Au cours des dernières 10 années, la maison Siemens a développé un câble HT (110 kV, 10 kA) à supraconducteur et fabriqué une longueur d'essai de 35 m, munie de boîtes d'extrémité.

Le câble est du type «semiflexible»: il est constitué d'un ensemble de 3 conducteurs pourvus de canaux intérieurs et extérieurs pour la circulation de l'hélium et placés dans un tube d'Invar à faible dilatation thermique entre 300 et 4 K. Ce câble est flexible et peut être enroulé sur tambour. Il est placé en chantier dans une canalisation constituée de deux tubes concentriques rigides, le tube intérieur en cuivre, le tube extérieur en acier (⌀ 50 cm). Dans le tube intérieur, on fait circuler de l'azote liquide. L'espace entre les 2 tubes est évacué à 10^{-5} mbar. Une superisolation permet de ramener les pertes thermiques mesurées à travers ces 2 tubes pour 4...8 K à env. 0,1 W/m². Les problèmes essentiels à résoudre étaient les suivants:

- le choix d'un supraconducteur stabilisé approprié,
- le choix de la matière isolante,
- la limitation des pertes magnétiques et diélectriques,
- le système de circulation de l'hélium,
- la construction des extrémités.