Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 61 (1970)

Heft: 17

Artikel: Adressorganisierte Übertragungsverfahren für mobile Funksysteme

Autor: Steinmann, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-915969

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: 16.12.2025

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

Adressorganisierte Übertragungsverfahren für mobile Funksysteme

Vortrag, gehalten an der 32. Hochfrequenztagung des SEV vom 29. Januar 1970 in Lausanne,

von *H. Steinmann*, Bern

1082-1088

621.396.93:621.377.037.737

Nach einer Einführung in die Unterscheidungsmerkmale konventioneller und adressorientierter Übertragungssysteme werden die Eigenschaften von RADA-Systemen behandelt. Die Adressierungsmöglichkeiten sind an einer vereinfachten Adressmorphologie erläutert, die Funktionsweise von RADA-Geräten wird an einem Beispiel dargestellt. Auf die besonderen Vorteile von adressorganisierten Systemen für den militärischen Einsatz wird eingegangen und auf ausländische und schweizerische Entwicklungen hingewiesen.

Après une courte introduction relative aux caractéristiques distinctives des systèmes de transmission conventionnels et orientés sur des adresses, on traite des propriétés de systèmes RADA. Les facultés d'adressage sont expliquées à l'aide d'une morphologie d'adressage simplifiée, tandis qu'un exemple illustre le fonctionnement des appareils RADA. On indique les avantages particuliers des systèmes orientés sur adresses lors de leur application militaire, ainsi que les développements réalisés à l'étranger et en Suisse.

1. Einleitung

Adressorganisierte Funk-Übertragungssysteme unterscheiden sich von den bisher bekannten konventionellen Verfahren (AM, FM, Einseitenband) vor allem durch die Eigenschaft, dass eine grosse Zahl von Teilnehmern des Systems gleichzeitig und vollständig unabhängig voneinander einen gemeinsamen Breitbandkanal im gemeinsamen Reichweitebereich benützen.

In der ausländischen Literatur werden solche Systeme bezeichnet als:

RADA (Random Access Discrete Address) oder
MADA (Multiple Access Discrete Address).

Random Access, auch Multiple Access, bedeuten: «Jeder Benützer hat zu jedem andern Benützer direkten, ungehinderten Zugang.»

Discrete Address bedeutet: «Jedem Benützer ist eine besondere Adresse zugeordnet.»

Der Gedanke, mobile Funksysteme durch Adressierung der zu übertragenden Information völlig neuartig aufzubauen, liegt ungefähr 10 Jahre zurück und wurde zunächst in den USA durch *Hamsher* und *Magnuski* propagiert. Aus der gleichen Zeit stammt eine Projektstudie von *Guanella* über eine programmgesteuerte Trägerumtastung für Funkstationen, welche ein adressorganisiertes System beschreibt. Die den adressorganisierten Funksystemen innewohnenden Eigenschaften fanden insbesondere militärisches Interesse, so dass in den USA rasch Versuchsmuster verschiedener Firmen in Erscheinung traten. Die bekanntesten Entwicklungen wurden unter den Acronymen RADEM (Motorola), RACEP (Martin), CAPRI (Bendix), RADA (Martin) bekannt, verschwanden aber mit Ausnahme von RADA ebenso rasch von der Bildfläche, wie sie erschienen waren.

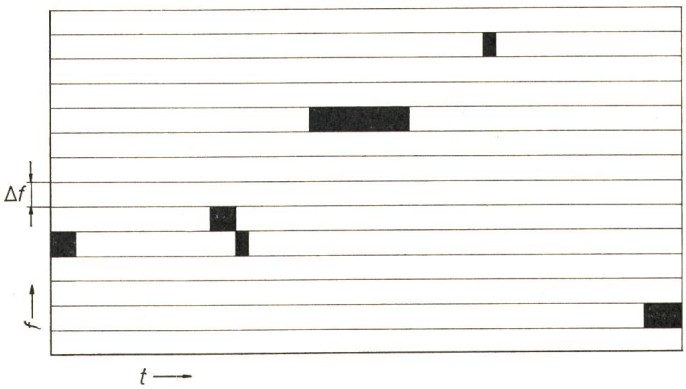

Fig. 1
Belegung der Frequenz-Zeitebene durch konventionelle Systeme
Grobstruktur
f Frequenz; *t* Zeit

In der Schweiz wurden im Zusammenhang mit der Entwicklung eines Armee-Funkgerätesatzes ab 1965 umfassende Studien über die Vor- und Nachteile konventioneller und adressorientierter Funksysteme betrieben. Gegenwärtig werden Funktionsmuster eines adressorganisierten Gerätes gebaut, welche die den erwähnten amerikanischen Geräten innewohnenden Nachteile nicht aufweisen und eine abschliessende Beurteilung im Versuch und im Vergleich zu konventionellen Systemen erlauben sollten.

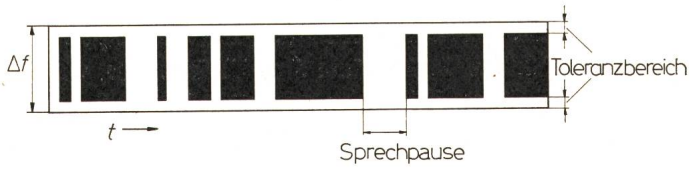

Fig. 2
Belegung eines Kanals Δf
Feinstruktur
Bezeichnungen siehe Fig. 1

2. Merkmale konventioneller und adressorganisierter Systeme

Für den mobilen Bodenfunk stehen heute Bandabschnitte im Bereich 30...470 MHz zur Verfügung. Militärisch interessant ist vor allem der Frequenzbereich 30...87 MHz, weil sich in diesem Bereich die grössten Verbindungsreichweiten im Gelände erzielen lassen. Auch zivile Dienste sind auf diesen Bereich angewiesen, um die immer zahlreicher werdenden regionalen und überregionalen Funkverbindungsbedürfnisse zu befriedigen. Einem grossen Kanalbedürfnis steht in diesem Bereich ein Unterangebot an Kanälen zur Verfügung, was eine auf die Spitze getriebene Frequenzplanung und Frequenzkoordination nach sich zieht. Zwar versucht man heute, immer schmalbandigere Kanäle (bei FM 25 bzw. 20 kHz) vorzuschreiben, um die Kanalzahl pro Bandabschnitt zu erhöhen. Doch auch dieses Verfahren wird sein

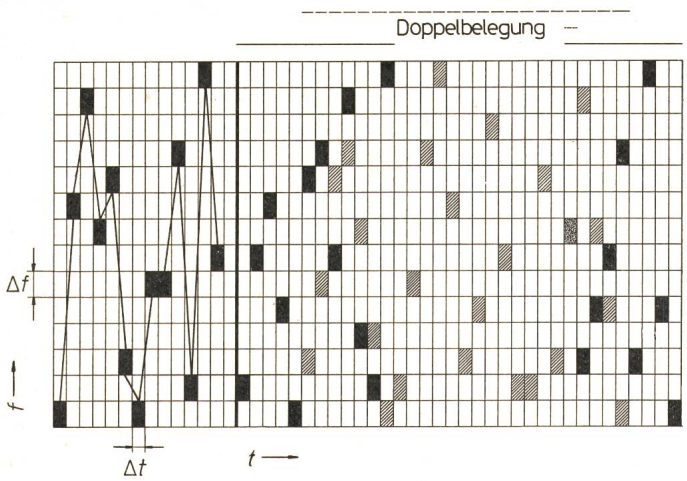

Fig. 3
Bandbelegung durch adressorganisierte Systeme
Bezeichnungen siehe Fig. 1

Ende finden, wenn zur Einseitenbandtechnik Zuflucht genommen wird und Kanalraster von 1...5 kHz realisiert werden.

Die gemeinsame Schwäche aller konventionellen Systeme ist in der Tatsache zu erblicken, dass für Verbindungsaufnahme und ungestörten Betrieb einzelnen Teilnehmern oder Teilnehmerkreisen diskrete Arbeitskanäle fest zugewiesen werden müssen. Diese Kanäle werden zeitlich nur zu einem geringen Prozentsatz belegt. Die Ausnützung der Frequenz-Zeitebene ist denkbar schlecht. Schätzungen haben ergeben, dass im zitierten Bandabschnitt die Ausnutzung der Frequenz-Zeitebene innerhalb der Reichweitezone der beteiligten Geräte, selbst in Stosszeiten, im Mittel nur wenige Prozent erreicht (Fig. 1 und 2).

Das adressorganisierte System nützt die Belegungscharakteristik nun so aus, dass ein relativ breites Frequenzband einer grösseren Teilnehmergruppe gemeinsam zugeordnet wird (Fig. 3). Teile dieses gemeinsamen Frequenzbandes (HF-Kanäle) werden von jedem aktiven Teilnehmer während sehr kurzen Zeitabschnitten in quasistatistischer Weise belegt. Je grösser die Zahl der aktiven Teilnehmer, umso mehr steigt die Wahrscheinlichkeit, dass Doppel- und Mehrfachbelegungen auftreten, welche sich je nach System als unverständliche Klick- oder Rauschstörung auswirken.

Bei starker Überbelegung nimmt der Geräuschpegel so zu, dass eine Verständigung unmöglich ist. Eine wichtige Dimensionierungsgrösse für solche Systeme ist das Verhältnis der aktiven Sprecher pro Bandbreite. Bei der Normal- oder Planungsbelegung wird an der Reichweitegrenze ein geforderter NF-Geräuschabstand erzielt. Überbelegungen verringern den Geräuschabstand langsam, dies im Gegensatz zu konventionellen Systemen, wo eine Doppelbelegung sofort zu sehr schlechten Verhältnissen führt (Fig. 4).

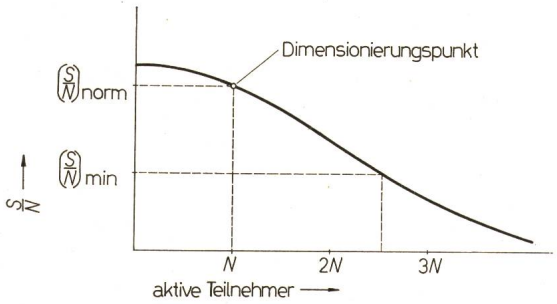

Fig. 4
Geräuschabstand als Funktion der aktiven Teilnehmer
S/N NF-Geräuschabstand; N Teilnehmermenge

Diese angenehme Eigenschaft der adressorganisierten Systeme wird auch als «graceful degradation» bezeichnet.

Bei konventionellen Systemen besteht die Adresse eines Teilnehmers primär im zugeteilten HF-Kanal, sekundär in einem Rufzeichen oder einer Rufnummer. Beim adresskodierten System steckt die Adresse in einer Frequenz-Zeitmatrix und muss jedem einzelnen Bit oder Bit-Bündel, das die eigentliche Information trägt, beigegeben werden. Der zu übertragende Informationsfluss wird also dauernd adressiert (Fig. 5). Eine solche Adressierung in der Frequenz-Zeitebene kann beispielsweise so gelöst werden, dass ein aus dem analogen Sprachsignal gewonnenes digitales Element (Impuls) als Impulsfolge auf mehreren Frequenzkanälen ausgestahlt wird. Die Adressierungsmöglichkeiten nehmen mit der Grösse der Frequenz-Zeitmatrix rasch zu. Es sind pro Bandbreite sehr leicht viel mehr Adressen erzielbar, als die mögliche Kanalzahl bei konventionellen Systemen beträgt.

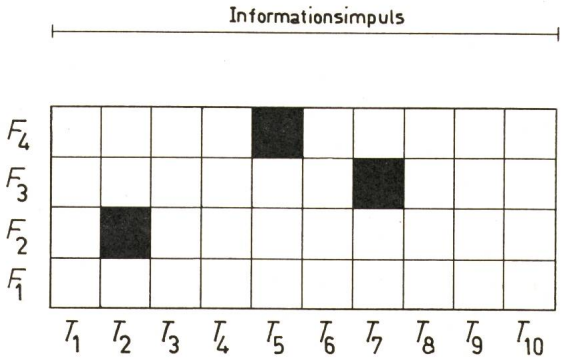

Fig. 5
Adressierung mit Frequenz-Zeit-Matrix
F Anzahl der Frequenzkanäle; T Anzahl der Zeitkanäle; N Anzahl der Pulse pro Adresse; A Adresszahl

$$A = \frac{F!\,(T-1)!}{(F-N)!\,N!\,(T-N)!}$$

Beispiele:

$$F = 4,\ T = 10,\ N = 3: \qquad A = \frac{4!\,9!}{1!\,3!\,7!} = 4 \cdot 8 \cdot 9 = 288$$

$$F = 6,\ T = 16,\ N = 4: \qquad A = 40\,950$$

Ein adressorganisiertes Funknetz hat bezüglich Adressierung ähnliche Eigenschaften wie das automatische Telephonnetz. Jedem Teilnehmer oder Teilnehmerkreis ist eine Adresse eindeutig zugeordnet. Es können nur solche Teilnehmer miteinander in Verbindung treten, welche über die Adressen verfügen. Bei hohen Adresszahlen (z. B. 10^{10}) wird somit zwar keine Chiffrierung des Gesprächsinhalts, doch eine gewisse «Privacy» erreicht. Im Gegensatz zur Telephonzentrale ist aber der Aufwand von Leit- und Verknüpfungselektronik nicht konzentriert, sondern verteilt. Man spricht daher auch von «distributed communications». Die Adressierung kann auf sehr vielfältige Weise durchgeführt werden und bestimmt weitgehend das Systemmerkmal des adressorganisierten Systems. Anhand einer vereinfachten Adressmorphologie lassen sich die verschiedenen bekannten RADA-Systeme ein-

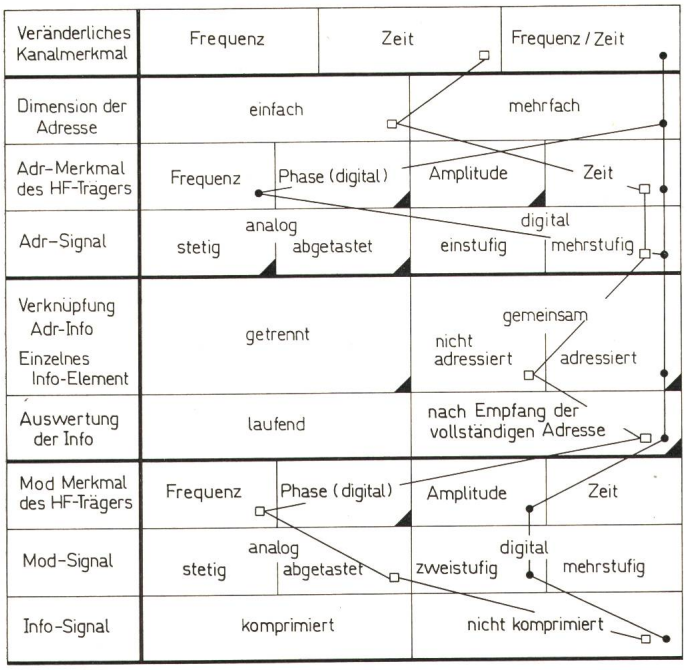

Fig. 6
Vereinfachte Adressmorphologie

◢ ungünstig
●——● RADEM
□——□ CAPRI

gliedern und bewerten (Fig. 6). Die in der Figur mit schwarzem Dreieck markierten Felder sind als ungünstig zu vermeiden:

a) Phasenumtastung oder Amplitude als Adressmerkmal ist sehr empfindlich gegen Mehrwegausbreitung und bringt ungenügende Dynamik;

b) Alle Analogmodulationen sind störanfällig;

c) Wenn Adresse und Information getrennt werden, erhöht sich der Aufwand;

d) Die Adressierung jedes Informationselementes bringt kurze Anrufszeiten. Das System ist aber stark redundant, die Eigenstörungen steigen an, der Sendeleistungsbedarf nimmt zu;

e) Wird die Information erst nach Empfang der vollständigen Adresse ausgewertet, benötigt man einen grossen Speicheraufwand oder man muss mit sehr kurzen Adressen und Pulsen arbeiten, welche Ausbreitungsstörungen unterliegen (Dispersion).

Alle bisher bekanntgewordenen ausländischen Systeme berühren in dieser Morphologie markierte Felder, was mit ein Grund gewesen sein mag, dass sich keines der gezeigten Systeme auf Anhieb durchzusetzen vermochte.

3. Funktionsweise von adressorganisierten Systemen

Die Funktionsweise eines RADA-Systems lässt sich am leichtesten anhand des stark vereinfachten Funktionsschemas des RACEP-Systems erläutern (Fig. 7):

Das Sprachsignal wird einem PPM-Modulator zugeführt. Die Nachrichten-Pulse des Modulators gelangen auf eine Verzögerungsleitung und können entsprechend den Zeitkanälen der Frequenz-Zeitmatrix abgegriffen werden. Die verzögerten Pulse steuern die Frequenzkanaloszillatoren an. Die HF-Impulse gelangen über einen breitbandigen HF-Verstärker auf die Antenne. Beim Empfang werden die auf verschiedenen Frequenzkanälen eintreffenden Impulse verstärkt, transponiert und über Kanalfilter den Detektoren und getrennten Verzögerungsleitungen zugeführt. Die Abgriffe dieser Verzögerungsleitungen entsprechen den Zeitkanälen der Frequenz-Zeitmatrix. Die abgegriffenen Pulse werden auf ein Koinzidenztor geführt. Koinzidenz der 3 Pulse hat zur Folge, dass die Adressierung als richtig erkannt gilt und der ursprüngliche Nachrichten-Puls dem PPM-Demodulator zugeführt wird.

Wie erwähnt, sind in Wirklichkeit sehr viele komplexere Schaltungen nötig, um solche Systeme zu realisieren. In RADA-Systemen neuester Konzeption sind fortgeschrittene Sender/Empfängertechnik und digitale Rechentechnik integriert. Ohne weitgehende Anwendung integrierter Baugruppen wäre die Realisation undenkbar. Der praktischen Realisation stellen sich grosse Hindernisse in den Weg, von denen einige erwähnt seien:

Echte RADA-Systeme sind Pulssysteme. Die Pulsdauer sollte kurz gehalten werden, damit der Duty-Cycle klein wird und die Eigenstörungen niedrig bleiben. Ein niedriger Duty-Cycle erfordert hohe Spitzenleistungen, die heute mit

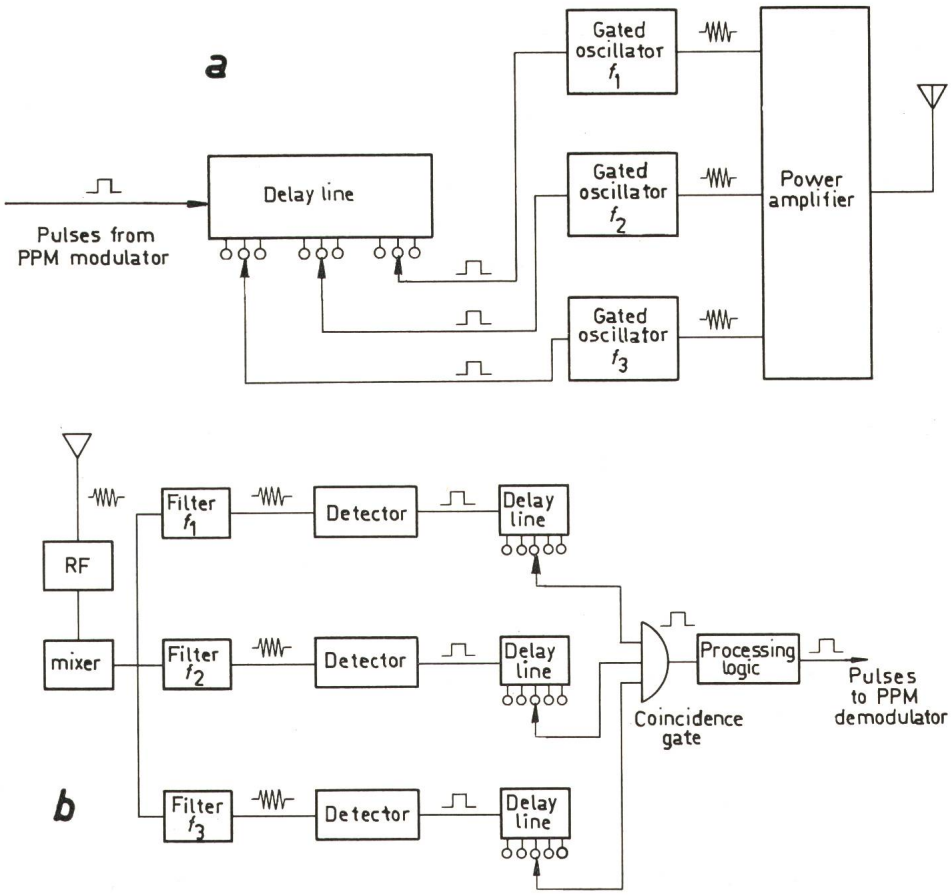

Fig. 7
Vereinfachtes Funktionsschema des RACEP-Systems
a Prinzip des RACEP-Senders; *b* Prinzip des RACEP-Empfängers

Halbleiterstufen noch Schwierigkeiten bereiten. Schwierigkeiten bereitet auch die Linearitätsforderung an die Endstufe.

Wie Versuche ergeben haben, tritt im Gelände immer Mehrwegausbreitung auf. In unserem Gelände spielen Echos von Hügelzügen und Bergketten eine wichtige Rolle. Verzögerungszeiten um 100 µs sind häufig, um 300 µs selten. Systeme, die diesem Umstand nicht Rechnung tragen, weisen im Vergleich zu konventionellen Systemen eine viel geringere Reichweite auf und versagen bei Datenübertragung.

Nahe bei einem Teilnehmer stehende Geräte der gleichen oder konventioneller Art werfen besondere Störprobleme auf. Besonders lästig tritt das Senderrauschen in Erscheinung.

4. Vor- und Nachteile

Adressorientierte Systeme weisen einige besonders für den militärischen Benützer wichtige Eigenschaften auf, welche konventionellen Systemen fehlen. Die wesentlichsten sind:

a) Wegfall jeglicher Frequenzkoordination und -planung;
b) Bessere Ausnützung der Frequenz-Zeitebene;
c) Duplexbetrieb ohne bedeutenden Mehraufwand;
d) Beliebige Reichweiteerhöhung durch Verteiler- und Kettenrelais, die ersteren mit geringstem Aufwand;
e) Prioritätsruf zur raschen Alarmierung vieler Gesprächsteilnehmer, ungeachtet, ob sie bereits ein Gespräch führen;
f) Schutz des Gesprächsinhaltes vor Unbefugten; Möglichkeit, diesen Schutz durch einen Kryptozusatz so zu steigern, dass die bisher verwendeten Tarnverfahren wegfallen können;
g) Erschwerte Peil- und Störbarkeit;
h) Möglichkeit zur chiffrierten Daten- und Bildübertragung;
i) Einsatz auch als Funkbrücke, als Feldkabelersatz (Duplexbetrieb, Feldfunkkabel, Richtantennen).

Als Nachteil muss vorderhand noch in Kauf genommen werden:

Hoher Schaltungsaufwand und damit ein Gerätestückpreis, der wesentlich über demjenigen konventioneller Systeme liegt.

Die Vorteile des neuen Systems sind derart augenfällig, dass ihm eine günstige Prognose für die 80er Jahre gegeben werden kann. In den USA wurde der potentielle Markt für das RADA-System auf 300...450 Mill. $ in den nächsten 10 Jahren geschätzt. Leider fiel diese Entwicklung, die zwar kein eigentliches adressorganisiertes, sondern ein sog. adaptives System, ein Zwischending zwischen konventionellen und artreinen adressorganisierten Systemen war, einer vorläufigen Kürzung des Verteidigungsbudgets zum Opfer, nachdem bereits 30 Mill. $ in das kurz vor dem Abschluss stehende Projekt investiert wurden.

5. Schweizerische Entwicklungen

In der Schweiz befindet sich ein adressorganisiertes Funkgerät unter der Bezeichnung SE-225/425 in einem fortgeschritteneren Projektstadium. Eine Entscheidung darüber, ob unsere Armee in den 80er Jahren über ein solches System verfügen wird, ist noch offen. Heute geht es darum, abzuklären, ob die aus Studien, Teilversuchen und Simulationen abgeleiteten Gerätedaten in Funktionsmustern verwirklicht und durch Messungen bestätigt werden können. Das Projekt ist sehr entwicklungsintensiv, reich an komplexen Problemstellungen und stösst auf konzeptionellem und technologischem Gebiet in Neuland vor.

Literatur

[1] *D. H. Hamsher:* System concepts for address communications systems. Trans. IRE Vehicular Communications 9(1960)3, p. 72...76.
[2] *J. W. Schwartz, J. M. Ain* and *J. Kaiser:* Modulation techniques for multiple access to a hard-limiting satellite repeater. Proc. IEEE 54(1966)5, p. 763...777.
[3] *H. Magnusky:* Address communication system. In: Communication system engineering handbook. New York, McGraw-Hill, 1967, p. 18–1...18–22.
[4] *A. M. McCalmont:* Multiple-access discrete-address communication systems. IEEE Spectrum 4(1967)8, p. 87...94.

Adresse des Autors:
H. Steinmann, Dipl. Ing., Chef der Sektion Studien der Abteilung für Uebermittlungstruppen EMD, Papiermühlestrasse 14, 3000 Bern 25.

Weiterer Vortrag der 32. Hochfrequenztagung folgt.

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Elektrische Energie-Technik und -Erzeugung
Technique et production de l'énergie

Zur Einführung einheitlicher Verfügbarkeits-Begriffe

621.311.22:621.311.154

[Nach *Heinz Vetter:* Zur Einführung einheitlicher Verfügbarkeits-Begriffe. Elektrizitätswirtschaft 69(1970)11, S. 296...299]

Beim Vergleich des Effektes verschiedener Kraftwerkblöcke sind genau definierte Begriffe und Richtlinien eine grundlegende Vorbedingung. Zur Beurteilung eines Kraftwerkes oder eines Kraftwerkblocks ist die Verfügbarkeit eine wichtige Grösse. Einige Kraftwerkverbände in Deutschland haben gemeinsam Begriffe, die für die Beurteilung von Kraftwerkblöcken wichtig sind, zusammengestellt und definiert. Diese Kraftwerkverbände betreiben zusammen etwa 150 Blöcke, von denen jeder mehr als 100 MW leistet. Mit der Einführung einheitlicher Begriffe kann man verschiedene Kraftwerke hinsichtlich ihrer technischen Zuverlässigkeit beurteilen. Auch ihre Teilbereiche, wie Dampferzeuger, Dampfturbinen und Generatoren, kann man vergleichend prüfen.

Beim Begriff «Verfügbarkeit» von Kraftwerkblöcken unterscheidet man zeitliche Verfügbarkeit, Leistungsverfügbarkeit und Arbeitsverfügbarkeit. Jeder dieser Verfügbarkeits-Begriffe kann für eine bestimmte Analyse mit Vorteil angewendet werden. Die zur Verfügung stehende Zeit, Leistung und Arbeit wird in die Untergruppen Betrieb, Bereitschaft, Verfügbarkeit und Nichtverfügbarkeit unterteilt. Zwischen den einzelnen Begriffen bestehen formelmässige Zusammenhänge. Mit Hilfe der verschiedenen Verfügbarkeits-Begriffe kann man auf einfache Weise und mit grosser Zuverlässigkeit Kraftwerke zur Deckung des Strombedarfs in ein Netz einplanen und die zur Verfügung stehende Reserveleistung bestimmen. Ausserdem erhält man die Möglichkeit, Schadensschwerpunkte festzustellen, um diese bei geplanten neuen Kraftwerken zu reduzieren oder zu eliminieren. *H. Gibas*

Austausch von Betriebserfahrungen in Kernkraftwerken

621.311.25:621.039

[Nach: Betriebserfahrungen mit Kernkraftwerken. Atomwirtschaft 15(1970)2, S. 99]

Die technische Entwicklung ist selbst bei den erprobten Reaktortypen noch keinesfalls abgeschlossen und zeigt auf manchen Gebieten sogar einen sehr lebhaften Verlauf. Es liegt daher bei den Betreibern und Herstellern von Kernkraftwerken ein grosses Interesse vor, die aus der Betriebspraxis sich ergebenden Fragen und Probleme kennenzulernen und einen offenen Erfahrungs-