

EUR 2969.d

EUROPÄISCHE ATOMGEMEINSCHAFT - EURATOM

**METHODE FÜR DIE AUSWAHL DER
TRÄGERFREQUENZEN IM DATRAC-SYSTEM**
(DATRAC : Datenübertragung über Kabel)

von

W. BECKER

1966



Gemeinsame Kernforschungsstelle
Forschungsanstalt Ispra - Italien

Hauptabteilung Engineering
Technologie

HINWEIS

Das vorliegende Dokument ist im Rahmen des Forschungsprogramms der Kommission der Europäischen Atomgemeinschaft (EURATOM) ausgearbeitet worden.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Euratomkommission, ihre Vertragspartner und die in deren Namen handelnden Personen :

keine Gewähr dafür übernehmen, dass die in diesem Dokument enthaltenen Informationen richtig und vollständig sind, oder dass die Verwendung der in diesem Dokument enthaltenen Informationen, oder der in diesem Dokument beschriebenen technischen Anordnungen, Methoden und Verfahren nicht gegen gewerbliche Schutzrechte verstösst ;

keine Haftung für die Schäden übernehmen, die infolge der Verwendung der in diesem Dokument enthaltenen Informationen, oder der in diesem Dokument beschriebenen technischen Anordnungen, Methoden oder Verfahren entstehen könnten.

Dieser Bericht wird in den auf der vierten Umschlagseite genannten Vertriebsstellen

zum Preise von DM 3,20	FF 4,—	FB 40,—	Lit. 500	Fl. 3,—
------------------------	--------	---------	----------	---------

verkauft.

Es wird gebeten, bei Bestellungen die EUR-Nummer und den Titel anzugeben, die auf dem Umschlag jedes Berichts aufgeführt sind.

Gedruckt von L. Vanmelle, S.A. - Gent
Brüssel, Juni 1966

Das vorliegende Dokument wurde an Hand des besten Abdruckes vervielfältigt, der zur Verfügung stand.

EUR 2969.d

METHODE FÜR DIE AUSWAHL DER TRÄGERFREQUENZEN IM DATRAC-SYSTEM (DATRAC : Datenübertragung über Kabel)
von W. BECKER.

Europäische Atomgemeinschaft — EURATOM
Gemeinsame Kernforschungsstelle — Forschungsanstalt Ispra (Italien)
Hauptabteilung Engineering — Technologie
Brüssel, Juni 1966 — 20 Seiten — FB 40

Für ein Frequenz-Multiplex-System zur Datenübertragung über geringe Entfernungen (z.B. 1 km), bei dem die Ausnutzung des theoretisch möglichen Informationsflusses über den zur Verfügung stehenden Übertragungskanal (z.B. Koaxialkabel) nicht notwendig ist, werden einige grundlegende technische Gesichtspunkte behandelt. Da das System für den vorgesehenen Zweck (Rechenmaschinen on-line Betrieb, Verbindung zweier Laboratorien des Reaktorzentrums usw.) in seiner ersten Aus-

EUR 2969.d

METHOD FOR THE CHOICE OF CARRIER-FREQUENCIES IN THE DATRAC SYSTEM (DATRAC : DATA TRANSMISSION via Cable)
by W. BECKER

European Atomic Energy Community — EURATOM
Joint Nuclear Research Center — Ispra Establishment (Italy)
Engineering Department — Technology
Brussels, June 1966 — 20 Pages — FB 40

Some basic technical view-points concerning a frequency multiplex system for data transmission over short distances (e.g. 1 km) are dealt with. For this system it is not of main importance to use the theoretically possible information flux admitted by the given transmission means (e.g. coaxial cable). In order to keep the lay-out of the system as simple as possible for the provided application (on-line computer operation, interconnexion of two laboratories of the reactor center, etc.)

EUR 2969.d

METHOD FOR THE CHOICE OF CARRIER-FREQUENCIES IN THE DATRAC SYSTEM (DATRAC : DATA TRANSMISSION via Cable)
by W. BECKER

European Atomic Energy Community — EURATOM
Joint Nuclear Research Center — Ispra Establishment (Italy)
Engineering Department — Technology
Brussels, June 1966 — 20 Pages — FB 40

Some basic technical view-points concerning a frequency multiplex system for data transmission over short distances (e.g. 1 km) are dealt with. For this system it is not of main importance to use the theoretically possible information flux admitted by the given transmission means (e.g. coaxial cable). In order to keep the lay-out of the system as simple as possible for the provided application (on-line computer operation, interconnexion of two laboratories of the reactor center, etc.)

EUR 2969.d

METHOD FOR THE CHOICE OF CARRIER-FREQUENCIES IN THE DATRAC SYSTEM (DATRAC : DATA TRANSMISSION via Cable)
by W. BECKER

European Atomic Energy Community — EURATOM
Joint Nuclear Research Center — Ispra Establishment (Italy)
Engineering Department — Technology
Brussels, June 1966 — 20 Pages — FB 40

Some basic technical view-points concerning a frequency multiplex system for data transmission over short distances (e.g. 1 km) are dealt with. For this system it is not of main importance to use the theoretically possible information flux admitted by the given transmission means (e.g. coaxial cable). In order to keep the lay-out of the system as simple as possible for the provided application (on-line computer operation, interconnexion of two laboratories of the reactor center, etc.)

führungsform möglichst einfach gehalten werden sollte, wurde z.B. auch auf Frequenzmischstufen im Empfänger verzichtet. Die Kanalselektionsfilter sind also auf die jeweilige Kanalmittefrequenz direkt abgestimmt. Es werden zwei Ausführungsformen von Parallelsystemen, um die es hier ausschliesslich geht, unterschieden: 1. Systeme, bei denen die Einschwingzeit auf allen Kanälen gleich ist, und 2. Systeme, bei denen die relativen Kanalbandbreiten für alle Kanäle gleich sind. Unter Berücksichtigung der Telegraphiergeschwindigkeit, der gewünschten Sicherheitsabstände von der Einschwingzeit und der möglichen Störungen durch Oberwellen oder primäre Mischfrequenzen bei gleichzeitiger Bestrebung, das Gesamtübertragungsband in seinem Frequenzbereich aus Dämpfungs- und Frequenzstabilitätsgründen so niedrig wie möglich zu legen, wird ein einfaches Verfahren zur Festlegung der Kanalmittefrequenzen beschrieben. Beispiele werden berechnet; auch wird kurz auf die zu berücksichtigenden Faktoren bei einer Simultandurchschaltung aller Empfangskanalausgänge zur Unterdrückung der Transientvorgänge hingewiesen.

e.g. frequency mixers in the receiver have been avoided. Thus the channel selection filters are directly tuned to the corresponding channel center frequencies. Distinction is made between two kinds of parallel systems, which are exclusively concerned: 1. systems, where the time response of the filters is the same on all channels, and 2. systems, where the relative channel width is the same for all channels. A simple procedure to fix the channel center frequencies is described considering the transmission speed, the safety margin from the response time and the possible interference by harmonics or first order mixed frequencies, simultaneously trying to put the overall band of transmission in its frequency range as low as possible for reasons of attenuation and frequency stability. Examples are given, and it is referred to the factors to be considered with a simultaneous switch-through of all receiver channels, in order to impede transients.

e.g. frequency mixers in the receiver have been avoided. Thus the channel selection filters are directly tuned to the corresponding channel center frequencies. Distinction is made between two kinds of parallel systems, which are exclusively concerned: 1. systems, where the time response of the filters is the same on all channels, and 2. systems, where the relative channel width is the same for all channels. A simple procedure to fix the channel center frequencies is described considering the transmission speed, the safety margin from the response time and the possible interference by harmonics or first order mixed frequencies, simultaneously trying to put the overall band of transmission in its frequency range as low as possible for reasons of attenuation and frequency stability. Examples are given, and it is referred to the factors to be considered with a simultaneous switch-through of all receiver channels, in order to impede transients.

e.g. frequency mixers in the receiver have been avoided. Thus the channel selection filters are directly tuned to the corresponding channel center frequencies. Distinction is made between two kinds of parallel systems, which are exclusively concerned: 1. systems, where the time response of the filters is the same on all channels, and 2. systems, where the relative channel width is the same for all channels. A simple procedure to fix the channel center frequencies is described considering the transmission speed, the safety margin from the response time and the possible interference by harmonics or first order mixed frequencies, simultaneously trying to put the overall band of transmission in its frequency range as low as possible for reasons of attenuation and frequency stability. Examples are given, and it is referred to the factors to be considered with a simultaneous switch-through of all receiver channels, in order to impede transients.

EUR 2969.d

EUROPÄISCHE ATOMGEMEINSCHAFT - EURATOM

**METHODE FÜR DIE AUSWAHL DER
TRÄGERFREQUENZEN IM DATRAC-SYSTEM**
(DATRAC : Datenübertragung über Kabel)

von

W. BECKER

1966



**Gemeinsame Kernforschungsstelle
Forschungsanstalt Ispra - Italien**

**Hauptabteilung Engineering
Technologie**

ZUSAMMENFASSUNG

Für ein Frequenz-Multiplex-System zur Datenübertragung über geringe Entfernungen (z.B. 1 km), bei dem die Ausnutzung des theoretisch möglichen Informationsflusses über den zur Verfügung stehenden Übertragungskanal (z.B. Koaxialkabel) nicht notwendig ist, werden einige grundlegende technische Gesichtspunkte behandelt. Da das System für den vorgesehenen Zweck (Rechenmaschinen on-line Betrieb, Verbindung zweier Laboratorien des Reaktorzentrums usw.) in seiner ersten Ausführungsform möglichst einfach gehalten werden sollte, wurde z.B. auch auf Frequenzmischstufen im Empfänger verzichtet. Die Kanalselektionsfilter sind also auf die jeweilige Kanalmittefrequenz direkt abgestimmt. Es werden zwei Ausführungsformen von Parallelsystemen, um die es hier ausschliesslich geht, unterschieden: 1. Systeme, bei denen die Einschwingzeit auf allen Kanälen gleich ist, und 2. Systeme, bei denen die relativen Kanalbandbreiten für alle Kanäle gleich sind. Unter Berücksichtigung der Telegraphiergeschwindigkeit, der gewünschten Sicherheitsabstände von der Einschwingzeit und der möglichen Störungen durch Oberwellen oder primäre Mischfrequenzen bei gleichzeitiger Bestrebung, das Gesamtübertragungsband in seinem Frequenzbereich aus Dämpfungs- und Frequenzstabilitätsgründen so niedrig wie möglich zu legen, wird ein einfaches Verfahren zur Festlegung der Kanalmittefrequenzen beschrieben. Beispiele werden berechnet; auch wird kurz auf die zu berücksichtigenden Faktoren bei einer Simultandurchschaltung aller Empfangskanalausgänge zur Unterdrückung der Transientvorgänge hingewiesen.

Methode für die Auswahl der Trägerfrequenzen
im DATRAC-System

(DATRAC: Datenübertragung über Kabel)

Vorwort

Da in einem größeren Kernforschungszentrum die automatische Datenübertragung zwischen dem Instrumentarium am Ort des Experiments und einer zentralen Rechenstelle oder auch zwischen zwei Laboratorien in beiden Übertragungsrichtungen mehr und mehr gefordert wird, stellt sich in zunehmendem Maße die Aufgabe, den von Experiment zu Experiment verschiedenen Anschlußbedingungen für eine solche Datenübertragungsanlage durch jeweils speziell aufgebaute Anpaßgeräte zu genügen und ferner die grundsätzliche Frage der Auswahl des geeigneten Übermittlungssystems für die räumliche Ausdehnung des Forschungszentrums, die Anzahl der anzuschließenden Datenquellen, den auftretenden Datenfluß und die Störungssituation im Zusammenhang mit der geforderten Zuverlässigkeit der Übertragung. Es ist bisher noch nicht deutlich zu erkennen, in welcher Weise eine mögliche Standardisierung auf der Seite der Datenquellen es technisch sinnvoll erscheinen läßt, universelle Anpaßgeräte zur Datenaufbereitung für die Übertragung zu entwickeln, die bei den meisten vorkommenden Experimenten eingesetzt werden können.

Manuskript erhalten am 22. April 1966.

Der hier vorliegende Bericht befaßt sich daher zunächst mit dem reinen Übermittlungssystem, da dieses in der gleichen Konzeption und bei Untergliederung in zusammenschaltbare Grundeinheiten sogar in der gleichen technischen Ausführung für die verschiedensten Aufgaben der Datenübertragung bei mittleren Anforderungen hinsichtlich des Informationsflusses Verwendung finden könnte.

Wegen der Störanfälligkeit von Systemen mit hohem Nachrichtenfluß bei Verwendung des Kabelnetzes einer größeren internen Telefonanlage, hauptsächlich durch die Einflüsse der Vermittlungszentrale, wurden extra für diesen Zweck verlegte Koaxialkabel als Übertragungsmittel gewählt. Da die zu übertragenden Daten hauptsächlich in dem üblichen BCD-Code in Form mehrerer paralleler Spuren angeboten und verarbeitet werden dürften, sollte das System durch die Unterteilung des Übertragungsbandes in mehrere parallele Trägerfrequenzkanäle eine Einsparung von Parallel/Serien- und Serien/Parallel-Wandlern ermöglichen. Unter der vereinfachenden Voraussetzung der Nichtausnutzung der theoretischen Übertragungskapazität der verwendeten Koaxialkabel und im Hinblick auf ein aus Funktionszuverlässigkeitsgründen möglichst einfaches System werden in diesem Bericht Hinweise für die Berechnung der günstigsten Frequenzlagen der Übertragungskanäle gegeben.

Gewählte Telegraphieart

Aus Gründen der einfachen technischen Ausführbarkeit wird ein Wechselstromtelegraphieverfahren mit Amplitudenmodulation der Trägerfrequenzen gewählt. Je nach praktisch zur Verfügung stehender Übertragungsbandbreite, gefordertem Nachrichtenfluß und Art und Weise des Datenangebots (z.B. n parallele Spuren auf Magnetband oder Lochstreifen, Simplex- oder Duplexbetrieb) wird die Zahl der parallelen Trägerfrequenzkanäle des Systems bestimmt.

Erforderliche Bandbreite

Wegen der Einschwingzeit $\tau = \frac{1}{B}$ eines Bandpasses, wobei B die Bandbreite ist, gilt theoretisch für die Zeichenlänge eines Wechselstromzeichens, das durch

einen Bandpaß noch mit genügender Endamplitude übertragen werden soll

$$(1) \quad t_z \geq \frac{1}{B}$$

In der Praxis wird man

$$(2) \quad t_z > \frac{1,5}{B}$$

wählen. Da z.B. bei einem Telegraphieverfahren mit durch Pausen voneinander getrennten Zeichen und einem Tast-Pausen-Verhältnis von 1:1

$$t_z = \frac{T_z}{2} = \frac{1}{2f_z}$$

gilt, wobei T_z die zu Synchronisierungszwecken aus einem Zeichen- und einem Pausenschritt bestehende Tastperiode und f_z die Zeichenfolgefrequenz bedeuten, lassen sich praktisch bei Einhaltung der eben aufgestellten Bedingung (2) bei einer gegebenen Bandbreite B

$$(3) \quad f_z = \frac{1}{2t_z} \leq \frac{B}{3} \text{ Baud (bit/sec)}$$

auf einem Trägerfrequenzkanal übermitteln. Das gilt in gleicher Weise für Frequenzumtastungsmodulation mit einem Tast-Pausen-Verhältnis von 1:1.

Wird ein sogenanntes "non-return-to-zero"-Telegraphieverfahren verwendet, so muß bei Synchronisierung jedes Zeichens z.B. ein nur dieser Aufgabe dienender Synchronisierkanal vorgesehen werden. In diesem Fall ergibt sich:

$$(3a) \quad f_z = \frac{1}{t_z} \leq \frac{B}{1,5} \text{ Baud.}$$

Verringerung des Einflusses von Störimpulsen

Um die Sicherheit gegen das Auftreten eines fehlerhaften Signalelements durch einen auf das Übertragungskabel eingekoppelten Störimpuls, der ein Anschwingen des Empfänger-Bandpasses hervorrufen könnte, zu verringern, wird man je nach den Geschwindigkeitserfordernissen für die Übertragung einerseits und der notwendigen Übertragungszuverlässigkeit bei gegebener Störlage

andererseits t_z so groß wie möglich gegen (den theoretisch noch vertretbaren Minimalwert für einen störfreien Kanal) $\frac{1}{B}$ wählen. Es läßt sich dann hinter der Demodulationsschaltung ein Integrierglied einfügen, das in seiner Zeitkonstante einerseits möglichst groß, andererseits $< t_z$ (in der Praxis z.B. besser $< \frac{t_z}{3}$) gewählt wird. Eine derartige Integrierschaltung unterdrückt die Wirkung von solchen Störimpulsen auf dem Kabel, die im Bandpaß Wechselstromimpulse, deren Dauer genügend klein gegen t_z ist, hervorrufen.

Serien- oder Parallelsystem

Von den beiden grundsätzlichen Möglichkeiten einer sehr schnellen reinen Serienübertragung unter Ausnutzung des gesamten zur Verfügung stehenden Frequenzbandes und einer pro Kabel langsameren Parallelübertragung auf mehreren frequenzmäßig unterschiedenen Übertragungskanälen wurde zugunsten des Parallelsystems entschieden, weil dieses System bei gleichem Nachrichtenfluß unempfindlicher gegen Impulsstörungen und Laufzeitverzerrungen ist und weil darüber hinaus die zu einem Zeichen (z.B. Dezimalzahl) gehörende Gesamtinformation gleichzeitig am Empfangsort eintrifft und daher keine Serien-Parallel-Wandlung benutzt zu werden braucht (wie auch bei der am häufigsten auftretenden Parallelauslesung der z.B. zu einer Zahl gehörenden Information aus der Datenquelle keine Parallel-Serien-Wandlung der Zeichenelemente erforderlich wird). Der bei der Parallelübertragung dafür größere Aufwand an Selektionsmitteln für die Kanaltrennungen fällt in einem System, bei dem kein ausgesprochener Mangel an Übertragungsbandbreite vorliegt, wie dies im Falle mittlerer Nachrichtenflüsse über Koaxialkabel der Fall ist, herstellungskostenmäßig kaum ins Gewicht. Es hängt von den jeweilig gestellten Gesamtbedingungen ab, ob ein Serien- oder Parallelsystem billiger auszuführen ist.

Verteilung der Kanalfrequenzen im Gesamtübertragungsbereich

Die Verteilung der Trägerfrequenzen im zur Verfügung stehenden Bereich kann bei Voraussetzung direkt auf der jeweiligen Empfangsfrequenz arbeitender Selektionsmittel, also einer Vermeidung von Mischstufen im Empfänger, nach verschiedenen Gesichtspunkten vorgenommen werden. Zwei davon sollen im folgenden erörtert werden:

- 1) Verteilung gemäß gleicher Einschwingzeit in allen Kanälen;
- 2) Verteilung gemäß gleicher relativer Paßbandbreiten für die Kanäle.

zu 1): Dieses Verfahren ergibt die beste frequenzmäßige Ausnutzung des Gesamtübertragungsbereichs, da wegen der Abhängigkeit der Einschwingzeit von der absoluten Bandbreite in diesem Fall alle Frequenzkanäle die gleiche Bandbreite besitzen. Dies stellt an die Filter für die hochfrequenten Kanäle höhere Selektionsanforderungen als an diejenigen der niederfrequenten Kanäle. Die relativen Bandbreiten und damit die Güten der Filter sind bei diesem Verfahren für jeden Kanal verschieden. Als herstellungsmäßiger Vorteil demgegenüber ließe sich anführen, daß wegen der äquidistanten Frequenzverteilung die Trägerfrequenzgeneratoren von einem bzw. zwei im Mischverfahren betriebenen zentralen Quarzgeneratoren angesteuert werden können.

Es kann bei der Frequenzaufteilung ferner beachtet werden müssen (insbesondere wenn Nichtlinearitäten im Übertragungskanal befürchtet werden müssen, wie z.B. durch Oxydbildung an Verbindungskontakten), daß Oberwellen der verwendeten Trägerfrequenzen und außerdem zumindest die Mischfrequenzen der Kanalgrundfrequenzen untereinander nicht in andere Kanäle fallen sollen. Die einfachste Gegenmaßnahme ist, den Gesamtfrequenzbereich für die Übertragung so zu beschränken, daß das Verhältnis von höchster zu niedrigster verwendeter Kanalfrequenz kleiner als 2 bleibt. Man wird für die günstigste Ausnutzung bei gleichzeitig niedrigstmöglicher Frequenzlage dieses Gesamtübertragungsbereichs die Frequenzabstände so wählen, daß ein gedachter, aber nicht verwendeter Kanal, der als nächster auf den höchstfrequenten verwendeten Kanal folgen würde, zum niederfrequentesten verwendeten Kanal das

Frequenzverhältnis 2 : 1 hat.

Aus dieser Bedingung und aus dem erforderlichen Kanalabstand a (z.B. Kanalabstand $a = 2 B$ als praktisch vernünftige Forderung) ergibt sich die niedrigste Kanalmittefrequenz f_1 bei n Kanälen aus:

$$(4) \quad \begin{aligned} f_1 + a(n-1) &= 2f_1 - a \\ f_1 &= an \end{aligned}$$

Beispiel: Für ein Parallelsystem mit 10 Kanälen würde bei einer geforderten Übertragungsleistung von 10^5 Baud, d.h. 10^4 Baud pro Kanal, bei einem Tastverhältnis von 1 : 1 eine Zeichenlänge von

$$t_z = \frac{1}{2f_z} = \frac{1}{2 \cdot 10^4} = 50 \mu s$$

resultieren. Bei einer aus Sicherheitsgründen gegen Störungen gewählten Bandbreite (siehe Gleichung (3))

$$B = 5 f_z = 50 \text{ KHz}$$

ergibt sich mit einem gewählten Kanalabstand

$$a = 2 B = 100 \text{ KHz}$$

für die günstigste Ausnutzung des $< 1 : 2$ Gesamtfrequenzbereichs (siehe oben) die tiefste Kanalmittefrequenz f_1 nach (Gl. 4) zu

$$f_1 = an = 10^5 \cdot 10 = 1 \text{ MHz.}$$

Die 10 Frequenzen f_1 bis f_{10} hätten also die Werte:

$$\begin{aligned} f_1 &= 1 \text{ MHz}, f_2 = 1,1 \text{ MHz}, f_3 = 1,2 \text{ MHz}, f_4 = 1,3 \text{ MHz}, \\ f_5 &= 1,4 \text{ MHz}, f_6 = 1,5 \text{ MHz}, f_7 = 1,6 \text{ MHz}, \\ f_8 &= 1,7 \text{ MHz}, f_9 = 1,8 \text{ MHz}, f_{10} = 1,9 \text{ MHz.} \end{aligned}$$

zu 2): (Verteilung der Kanalfrequenzen gemäß gleicher relativer Paßbandbreiten)

Bei dieser Lösung haben die verwendeten Bandpaßfilter für alle Kanäle die gleiche Güte, da ihre relative Bandbreite konstant ist. Ebenso sind auch die Frequenzstabilitätsanforderungen an alle Trägerfrequenzgeneratoren gleich. Die Erzeugung der verschiedenen Trägerfrequenzen läßt sich dagegen in diesem Fall nicht aus einer oder zwei hochstabilisierten (Quarz-) Festfrequenzen ableiten. Sind die Stabilitätsforderungen nicht allzu hoch ($> 10^{-4}$), so lassen sich, zumindest bei mittleren Stabilitäten ($\geq 10^{-3}$), auch LC determinierte Oszillatoren (z.B. Spezialschaltungen wie Clapp-Oszillator) verwenden. In diesem Fall (mittlerer Nachrichtenfluß) wird das Verfahren 2 sowohl auf der Senderseite als auf der Empfängerseite herstellungskostenmäßig günstig.

Da im Fall 2 jede Kanalmittefrequenz aus der Multiplikation der nächstniedrigeren Kanalmittefrequenz mit einem konstanten Faktor b hervorgeht, gilt für dieses System (mit k als von 1 bis n laufendem Index für die Kanalfrequenzen):

$$(5) \quad f_k = b f_{k-1}$$

Wird ferner bezüglich der Oberwellen dieselbe Bedingung, wie sie unter 1 für die günstigste Frequenzausnutzung bei gleichzeitig niedrigstmöglicher Gesamtfrequenzlage formuliert wurde, eingeführt, so lautet sie in diesem Fall:

$$(6) \quad 2 f_1 = b f_n$$

Hierbei ist f_1 die niedrigste und f_n die höchste verwendete Kanalmittefrequenz.

Aus den Gleichungen (5) und (6) folgt (unter Ausschluß des nicht interessierenden Falls $f_1 = 0$):

$$(7) \quad b = \sqrt[n]{2}$$

f_1 berechnet sich, wieder für den Fall der günstigsten Bereichsnutzung, in diesem Fall aus der Gleichung

$$(8) \quad \sum_{k=1}^n a_k = f_1$$

wobei a_1 der Kanalabstand zwischen f_1 und f_2 , a_2 der Kanalabstand zwischen f_2 und f_3 usw. und a_n der Abstand zwischen dem höchstfrequenten Kanal und der Oberwelle $2f_1$ ist.

Da die Einschwingbedingungen für den Kanal mit der niedrigsten Mittenfrequenz (f_1) am kritischsten sind, wegen der in diesem Kanal beim betrachteten System geringsten absoluten Bandbreite, braucht die absolute Bandbreite nur für diesen Kanal berechnet zu werden (siehe Gleichung 3). Wird dann ein Kanalabstand a_1 im Verhältnis zur errechneten Bandbreite B_1 gewählt (z.B. $a_1 = 2 B_1$), so ergibt sich die niedrigste Kanalmittefrequenz aus:

$$(9) \quad f_1 = a_1 (1 + b + b^2 + \dots + b^{n-1}) = a_1 \sum_{i=0}^{n-1} b^i$$

bzw. unter der allein sinnvollen Voraussetzung $|b| \neq 1$:

$$(10) \quad f_1 = a_1 \frac{1-b^n}{1-b}$$

und mit Berücksichtigung von (7):

$$(11) \quad f_1 = \frac{a_1}{b-1}$$

Damit errechnen sich die Kanalmitenfrequenzen zu:

$$(12) \quad f_2 = bf_1; f_3 = b^2f_1; \dots f_n = b^{n-1}f_1.$$

erstes Beispiel hierzu:

Für ein Parallelsystem mit denselben äußeren Bedingungen wie beim Beispiel zu 1), also mit 10 Kanälen von je 10^4 Baud, d.h. insgesamt 10^5 Baud und einem Tastverhältnis von 1 : 1, bei dem sich eine Zeichenlänge von

$$t_z = \frac{1}{2F_z} = \frac{1}{2 \cdot 10^4} = 50 \mu s$$

ergibt und mit einer, diesmal (siehe oben) nur für den Kanal mit der niedrigsten Frequenz (f_1), aus Sicherheitsgründen gegen Störungen gewählten Bandbreite (siehe Gleichung 3) von

$$B_1 = 5f_z = 50 \text{ KHz}$$

ergeben sich bei Wahl des Kanalabstandes a_1 zwischen f_1 und f_2 $a_1 = 2 B_1 = 100 \text{ KHz}$ folgende Werte für b und f_1 :

$$\text{Nach Gleichung 7 ist } b = \sqrt[10]{2} = 1,07177$$

Daraus ergibt sich nach Gleichung 11:

$$f_1 = \frac{10^5}{1,07177 - 1} = 1,3933 \text{ MHz.}$$

Die 10 Kanalmittemfrequenzen f_1 bis f_{10} erhalten in diesem Fall nach Gleichung 12 die folgenden Werte (in MHz):

$$\begin{aligned} f_1 &= 1,3933; & f_2 &= 1,4933; & f_3 &= 1,6005; \\ f_4 &= 1,7153; & f_5 &= 1,8384; & f_6 &= 1,9704; \\ f_7 &= 2,1118; & f_8 &= 2,2634; & f_9 &= 2,4258; \\ f_{10} &= 2,5999. \end{aligned}$$

Zweites Beispiel zum System 2:

In einem Parallelsystem soll die Möglichkeit bestehen, 10 Kanäle in beiden Richtungen gleichzeitig und unabhängig voneinander zu betreiben. Der Abstand zwischen dem höchstfrequenten Kanal der niederfrequenten Zehnergruppe (eine Übertragungsrichtung) und dem niederfrequentesten Kanal der höherfrequenten Zehnergruppe (Gegenübertragungsrichtung) soll so groß gemacht werden, als ob zwischen beiden Zehnergruppen noch zwei Kanäle liegen würden. Dieser vergrößerte Sicherheitsabstand ist zur Vermeidung eines eventuellen Übersprechens von Senderkanälen auf Empfangskanäle derselben Station (wegen der in diesem Fall fehlenden Kabeldämpfung) gewählt worden. Das System wird also berechnet, als ob es 22 Kanäle besäße. Es sollen die gleichen Übertragungskapazitäten wie in den vorhergegangenen Beispielen von pro Kanal 10^4 Baud, d.h. in jeder Übertragungsrichtung von insgesamt 10^5 Baud erreicht werden. Aus denselben Überlegungen, wie sie beim vorangegangenen Beispiel galten, ergibt sich auch hier für die absolute Bandbreite des Kanals mit der niedrigsten Mittelfrequenz

$$B_1 = 5 f_z = 50 \text{ KHz}$$

und für den Kanalabstand zwischen f_1 und f_2

$$a_1 = 2 B_1 = 100 \text{ KHz.}$$

Damit wird (wiederum nach Gleichung 7)

$$b = \sqrt[22]{2} = 1,03201$$

$$\text{und nach Gleichung 11: } f_1 = \frac{10^5}{1,03201 - 1} = 3,1240 \text{ MHz}$$

Die 10 Kanalmittenfrequenzen für die eine Übertragungsrichtung werden damit nach Gleichung 12 (in MHz):

$$\begin{aligned} f_1 &= 3,1240; f_2 = 3,2234; f_3 = 3,3272; f_4 = 3,4337; \\ f_5 &= 3,5436; f_6 = 3,6570; f_7 = 3,7741; f_8 = 3,8949; \\ f_9 &= 4,0196; f_{10} = 4,1483. \end{aligned}$$

Für die Übertragung in der Gegenrichtung ($f_1' \hat{=} f_{13}$; $f_2' \hat{=} f_{14}; \dots; f_{10}' \hat{=} f_{22}$) ergeben sich dagegen (in MHz):

$$\begin{aligned} f_1' &= 4,5595; f_2' = 4,7055; f_3' = 4,8561; f_4' = 5,0115; \\ f_5' &= 5,1719; f_6' = 5,3375; f_7' = 5,5083; f_8' = 5,6847; \\ f_9' &= 5,8666; f_{10}' = 6,0544. \end{aligned}$$

Die sich für alle Bandpässe ergebende relative Bandbreite ist damit ca. 0,016 oder 1,6 %. Eine Langzeitstabilität der Trägerfrequenzoszillatoren von ca. 10^{-3} ist also hierfür technisch völlig ausreichend.

Drittes Beispiel zum System 2 (Non-return-to-zero):

Für die Nachrichtenkanäle in beiden Richtungen sollen genau dieselben Bedingungen gefordert werden wie im soeben geschilderten Beispiel, also 10^5 Baud Übertragungskapazität in jeder Richtung. Da jedoch ein non-return-to-zero-System verwendet wird, wird in jeder Richtung ein zusätzlicher Synchronisierkanal vorgesehen, da jedes Zeichen syn-

chronisiert werden soll. Dieser Synchronisierkanal arbeitet ebenfalls nach der non-return-to-zero-Methode und kommt daher mit der gleichen Bandbreite wie die Nachrichtenkanäle aus. Die Berechnung erfolgt wegen der auch in diesem Fall verwendeten zwei nicht benutzten Abstandskanäle zwischen den Kanalgruppen für die beiden Übertragungsrichtungen für $20+2+2 = 24$ Kanäle insgesamt.

Für die Bestimmung der Bandbreite wird in diesem Fall die Gleichung 3a angewandt:

$$B_1 \geq 1,5 f_z = \frac{1,5}{t_z} .$$

Um denselben Sicherheitsabstand von der Einschwingzeit wie in allen früheren Beispielen zu erhalten, wird hier

$$B_1 = 2,5 f_z = \frac{2,5}{t_z} = 25 \text{ KHz}$$

gewählt. Damit wird bei gleichen Bedingungen wie in den anderen Beispielen

$$a_1 = 2 B_1 = 50 \text{ KHz.}$$

Wiederum nach Gleichung 7 ergibt sich:

$$b = \sqrt[24]{2} = 1,02930$$

und nach Gleichung 11: $f_1 = \frac{5 \cdot 10^4}{1,0293 - 1} = 1,7065 \text{ MHz.}$

Die Kanalmittenfrequenzen für die eine Übertragungsrichtung werden damit nach Gleichung 12 (in MHz):

$f_1 = 1,7065$; $f_2 = 1,7565$; $f_3 = 1,8079$; $f_4 = 1,8609$;
 $f_5 = 1,9154$; $f_6 = 1,9716$; $f_7 = 2,0293$; $f_8 = 2,0888$;
 $f_9 = 2,1500$; $f_{10} = 2,2130$; $f_{11} = 2,2778$ (f_{11} z.B. für Synchronisierkanal).

Für die Übertragung in der Gegenrichtung ($f_1' = f_{14}$; $f_2' = f_{15}$; ... $f_{11}' = f_{24}$) ergeben sich dagegen (in MHz):

$f_1' = 2,4840$; $f_2' = 2,5568$; $f_3' = 2,6317$; $f_4' = 2,7088$;
 $f_5' = 2,7881$; $f_6' = 2,8698$; $f_7' = 2,9539$; $f_8' = 3,0405$;
 $f_9' = 3,1296$; $f_{10}' = 3,2212$; $f_{11}' = 3,3156$ (f_{11}' z.B.
für Synchronisierkanal).

Die sich für alle Bandpässe ergebende relative Bandbreite ist damit ca. 0,0146 oder 1,46 %. Eine Langzeitstabilität der Trägerfrequenzoszillatoren von ca. 10^{-3} ist daher auch hier völlig ausreichend.

Maßnahmen zur Vermeidung des Auftretens kurzzeitiger Fehlersituationen auf der Empfangsseite durch unterschiedliches Zeitverhalten der Empfangsorgane für die verschiedenen Kanäle

Es ist möglich, daß Unterschiede im Zeitverhalten der Empfangsorgane für die verschiedenen Kanäle einer Übertragungsrichtung (z.B. durch verschiedene Einschwingzeiten oder Demodulationszeitkonstanten) dadurch zu Störungen führen können, daß durch die größere Verzögerung einiger Kanalempfangsschaltungen vorübergehend eine falsche Zeichenelementkombination an den parallelen Ausgängen vorgetäuscht wird.

Im System 1, also bei theoretisch gleichen Einschwingzeiten in allen Kanälen, läßt sich dieses Problem in üblicher Weise sehr einfach dadurch lösen, daß (nach der Demodulation) hinter einem für alle Empfangskanäle mit Eingängen versehenen Oder-Gatter eine Integrierschaltung eingefügt ist, die nach einer zur Einschwingzeit genügenden Zeitspanne (z.B. 3τ) ein Vielfachgatter

durchschaltet, das auf diese Weise erst nach genügendem Abklingen der Transientvorgänge die empfangene Information gleichzeitig auf allen Ausgangsleitungen weitergibt. Um das Übertragungssystem der jeweilig geforderten Telegraphiergeschwindigkeit anpassen zu können, was den Vorteil maximaler Störsicherheit für die betreffende Geschwindigkeit mit sich bringt, wird man zweckmäßigerweise das Integrationsglied in seiner Zeitkonstanten einstellbar gestalten.

Im System 2 mit je Kanal verschiedener Einschwingzeit läßt sich durch Verwendung von pro Kanal, außer dem niederfrequentesten Kanal, eingefügten fest eingestellten Integriergliedern vor den Eingängen des erwähnten Oder-Gatters der Einfluß der verschiedenen Einschwingzeiten untereinander ausgleichen. Nach dem Oder-Gatter wird dann in der vorher beschriebenen Weise verfahren mittels eines weiteren auf die geforderte Telegraphiegeschwindigkeit einstellbaren Integrationsgliedes zur Ansteuerung einer gleichzeitigen, verzögerten Durchschaltung aller Datenkanäle nach dem Abklingen der Transientvorgänge.

Die gemeinsame Auftrennung aller Datenkanäle am Zeichenende ist am einfachsten durch eine fest eingestellte Verzögerung, von der die Durchschaltdauer bestimmt wird, möglich, doch stellt sich dieses Problem in der Praxis meist nicht, da die Information normalerweise über Zwischenspeicher läuft, die von den Empfangskanälen während eines Zeichens lediglich einmal eingestellt werden.

Im Falle des non-return-to-zero-Systems mit speziellem Synchronisierkanal entfällt natürlich das erwähnte Oder-Gatter, da die einstellbare Integrierschaltung dann nur vom Synchronisierkanal-Demodulator angesteuert zu werden braucht.

Signal-if-level-change-System

Zum Abschluß soll noch auf die Anwendung des Berechnungsverfahrens bei einem Signal-if-level-change-System eingegangen werden, da bei diesem System für einen gegebenen Nachrichtenfluß bei gleicher Störsicherheit deshalb eine geringere Gesamtübertragungsbandbreite verwendet werden kann, weil keine Synchronisierungskanäle vorgesehen zu werden brauchen. In einem derartigen System bedeuten ein Wechsel im Pegel eines Kanals eine "1" und das Nichtauftreten eines solchen Wechsels zur Zeit einer Zeichenübertragung eine "0". Um die Synchronisierung durchführen zu können, d.h. um den Zeitpunkt einer Zeichenübertragung bei jedem Zeichen erkennen zu können, muß mindestens in einem Übertragungskanal bei jedem übermittelten Zeichen eine "1" auftreten. Diese Forderung ist bei den üblichen Codes für Datenübertragung (z.B. für Lochstreifenübertragung) meist ohnehin erfüllt, da in diesen Codes kein Zeichen existiert, bei dem alle Zeichenelemente "0" sind. Der Synchronisierimpuls muß bei diesem System also aus einer logischen Oder-Verknüpfung für die Pegelwechsel auf allen Kanälen gewonnen werden. Dabei muß mittels z.B. einer Gleichrichterschaltung dafür gesorgt werden, daß die Richtung des Pegelwechsels keine Rolle spielt, da jeder Wechsel unabhängig von seiner Richtung eine "1" repräsentiert.

In den Gleichungen muß bei Anwendung auf dieses System unter t_z anstatt der Zeichenlänge der Zeichenabstand zweier aufeinanderfolgender Zeichen verstanden werden. Die Beziehung zwischen f_z , t_z und B berechnet sich wie beim Non-return-to-zero-Verfahren nach Gleichung 3 a (wie auch im dritten Beispiel zu System 2).

Viertes Beispiel zum System 2 (Signal-if-level-change):

Alle geforderten Bedingungen (bis auf die Art des Systems und daher den Wegfall der beiden zusätzlichen Synchronisierkanäle) entsprechen denen des dritten Beispiels zu System 2 (10^5 Baud Übertragungskapazität in jeder Richtung). Einschließlich der beiden nicht benutzten Abstandskanäle werden also $20+2=22$ Kanäle benötigt.

Nach Gleichung 3 a wird

$$B_1 \geq 1,5 f_z = \frac{1,5}{t_z} .$$

Bei gleichem Sicherheitsabstand von der Einschwingzeit wie in allen früheren Beispielen wird hier

$$B_1 = 2,5 f_z = \frac{2,5}{t_z} = 25 \text{ KHz}$$

und damit wie im dritten Beispiel

$$a_1 = 2 B_1 = 50 \text{ KHz} .$$

Nach Gleichung 7 ergibt sich:

$$b = \sqrt[22]{2} = 1,03201$$

und nach Gleichung 11:

$$f_1 = \frac{5 \cdot 10^4}{1,03201 - 1} = 1,5620 \text{ MHz} .$$

Die Kanalmittenfrequenzen für eine Übertragungsrichtung werden damit nach Gleichung 12 (in MHz):

$$\begin{aligned} f_1 &= 1,5620; f_2 = 1,6120; f_3 = 1,6636; f_4 = 1,7169; \\ f_5 &= 1,7718; f_6 = 1,8285; f_7 = 1,8871; f_8 = 1,9475; \\ f_9 &= 2,0098; f_{10} = 2,0741. \end{aligned}$$

Für die Übertragung in der Gegenrichtung ($f_1' \hat{=} f_{13}$; $f_2' \hat{=} f_{14}$; ... $f_{10}' \hat{=} f_{22}$) ergeben sich dagegen (in MHz):

$$\begin{aligned} f_1' &= 2,2798; f_2' = 2,3528; f_3' = 2,4281; f_4' = 2,5058; \\ f_5' &= 2,5860; f_6' = 2,6688; f_7' = 2,7542; f_8' = 2,8424; \\ f_9' &= 2,9334; f_{10}' = 3,0273. \end{aligned}$$

Die sich für alle Bandpässe ergebende relative Bandbreite ist damit ca. 0,016 oder 1,6 %. Eine Langzeitstabilität der Trägerfrequenzoszillatoren von ca. 10^{-3} ist daher hier ebenfalls völlig ausreichend.

Der Impuls für die gleichzeitige Durchschaltung aller Kanalausgänge kann in diesem Fall über ein Oder-Gatter, das nach einer pro Kanal vorhandenen Kette aus Integrationsglied, Diskriminator und Gleichrichter mit seinen Eingängen an alle Kanäle angeschlossen ist, gewonnen werden. Es sind auch andere Anordnungen für die im Prinzip hier immer notwendige Oder-Verknüpfung denkbar.

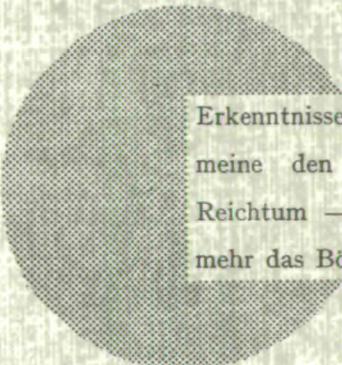
AN UNSERE LESER

Alle Euratom-Berichte werden nach Erscheinen in der von der Zentralstelle für Information und Dokumentation (CID) herausgegebenen Monatszeitschrift **EURATOM INFORMATION** angezeigt. Abonnements (1 Jahr : DM 60) und Probehefte sind erhältlich bei :

Handelsblatt GmbH
"Euratom Information"
Postfach 1102
D-4 Düsseldorf (Deutschland)

oder

Office central de vente des publications
des Communautés européennes
2, Place de Metz
Luxembourg



Erkenntnisse verbreiten ist soviel wie Wohlstand verbreiten — ich meine den allgemeinen Wohlstand, nicht den individuellen Reichtum — denn mit dem Wohlstand verschwindet mehr und mehr das Böse, das uns aus dunkler Zeit vererbt ist.

Alfred Nobel

VERTRIEBSSTELLEN

Alle Euratom-Berichte sind bei folgenden Stellen zu den auf der ersten Rückseite des Umschlags angegebenen Preisen erhältlich (bei schriftlicher Bestellung bitte die EUR-Nummer und den Titel, die beide auf der ersten Umschlagsseite jedes Bericht stehen, deutlich angeben).

PRESSES ACADEMIQUES EUROPEENNES

98, Chaussée de Charleroi, Bruxelles 6

Banque de la Société Générale - Bruxelles
compte N° 964.558,

Banque Belgo Congolaise - Bruxelles
compte N° 2444.141,

Compte chèque postal - Bruxelles - N° 167.37,

Belgian American Bank and Trust Company - New York
compte No. 22.186,

Lloyds Bank (Europe) Ltd. - 10 Moorgate, London E.C.2,
Postcheckkonto - Köln - Nr. 160.861.

OFFICE CENTRAL DE VENTE DES PUBLICATIONS DES COMMUNAUTES EUROPEENNES

2, place de Metz, Luxembourg (Compte chèque postal N° 191-90)

BELGIQUE — BELGIË

MONITEUR BELGE
40-42, rue de Louvain - Bruxelles
BELGISCH STAATSBLAD
Leuvenseweg 40-42 - Brussel

DEUTSCHLAND

BUNDESANZEIGER
Postfach - Köln 1

FRANCE

SERVICE DE VENTE EN FRANCE
DES PUBLICATIONS DES
COMMUNAUTES EUROPEENNES
26, rue Desaix - Paris 15^e

ITALIA

LIBRERIA DELLO STATO
Piazza G. Verdi, 10 - Roma

LUXEMBOURG

OFFICE CENTRAL DE VENTE
DES PUBLICATIONS DES
COMMUNAUTES EUROPEENNES
9, rue Goethe - Luxembourg

NEDERLAND

STAATSDRUKKERIJ
Christoffel Plantijnstraat - Den Haag

UNITED KINGDOM

H. M. STATIONARY OFFICE
P. O. Box 569 - London S.E.1

EURATOM — C.I.D.
51-53, rue Belliard
Bruxelles (Belgique)

CDNA02969DEC