

# Die Einzelträger-Sende- und - Empfangsausrüstung = L'équipement d'émission et de réception pour porteuses uniques

Autor(en): **Doswald, Hugo / Wehrli, Jürg**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und  
Telegraphenbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes,  
téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda  
delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri**

Band (Jahr): **52 (1974)**

Heft 3

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-874751>

## **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.

# Die Einzelträger-Sende- und -Empfangsausrüstung L'équipement d'émission et de réception pour porteuses uniques

Hugo DOSWALD, Jürg WEHRLI, Bern

621.395.465:621.396.934:629.783(494)  
621.396.71:621.396.934:629.783(494)

Zusammenfassung. Die Einzelträger-Sende- und -Empfangsausrüstung liegt im Signalfloss-Pfad zwischen den Trägerfrequenz-Multiplexausrüstungen und den sendeseitigen Hochleistungsverstärkern beziehungsweise dem rauscharmen Breitband-Empfangsteil. Dadurch ist ihre Funktion bereits gekennzeichnet: Signalanpassung, Modulation, Demodulation, Frequenzbandumsetzung. Der folgende Artikel gibt einen Überblick über die auf der schweizerischen Satelliten-Bodenstation vorhandene Einzelträgerausrüstung.

Résumé. L'équipement d'émission et de réception pour porteuses uniques se situe dans le trajet que doit emprunter le signal entre l'équipement multiplex à courants porteurs et les amplificateurs de puissance d'émission, d'une part, et l'ensemble de réception à large bande et à faible bruit, d'autre part. De ce fait, ses fonctions sont déjà définies: adapter, moduler et démoduler les signaux ainsi que transposer les bandes de fréquences. L'article décrit les divers sous-ensembles qui composent l'équipement pour porteuses uniques de la station terrienne suisse pour satellites.

## L'equipaggiamento trasmittente e ricevente per le singole portanti

Riassunto. L'equipaggiamento trasmittente e ricevente per le frequenze portanti è intercalato nel circuito di flusso del segnale tra gli stadi del multiplex delle portanti e gli amplificatori a grande potenza dal lato del trasmettitore, rispettivamente della parte ricevente a larga banda a basso rumore. Da ciò risulta la sua funzione: adattamento del segnale, modulazione, demodulazione, conversione di frequenza. Il seguente articolo dà una visione d'insieme degli equipaggiamenti per la frequenza della singola portante della stazione.

## 1. Einleitung

Das beschriebene Sendesystem hat die Aufgabe, die zu übertragende Information dem Übertragungsmedium anzupassen. Die für Telefonie via Satellit dazu angewandten Techniken im Intelsat-IV-System sind: FDM-FM-FDMA<sup>1</sup> und eine vereinfachte Art von TDM-PSK-FDMA<sup>2</sup>, nämlich das SPADE-System<sup>3</sup>. Auf letzteres wird hier nicht näher eingetreten.

<sup>1</sup> Frequency Division Multiplex/Frequency Modulation/Frequency Division Multiple Access

<sup>2</sup> Time Division Multiplex/Phase Shift Keying/Frequency Division Multiple Access

<sup>3</sup> Single Channel per Carrier Puls Code Modulation, Multiple Access Demand Assignment Equipment

## 1. Introduction

Le système d'émission décrit a pour tâche d'adapter les informations à traiter au mode de transmission. Les techniques utilisées dans le système Intelsat IV pour la téléphonie par satellites sont: le FDM-FM-FDMA<sup>1</sup> ainsi qu'un sous-genre simplifié du TDM-PSK-FDMA<sup>2</sup>, le SPADE<sup>3</sup>. Ce dernier ne sera pas traité dans le présent article. Le FDM-FM-FDMA consiste à concentrer les diverses voies téléphoniques avec les moyens offerts par la technique des courants porteurs, puis à les conduire à un modulateur de fréquence, à les transposer dans la bande de 5,925...6,425 GHz, à les amplifier et à les émettre. Du côté réception

Tabelle I. Intelsat IV: Uebertragungs-Parameter für ungebündelten Strahl (global beam)

Tableau I. Intelsat IV: paramètres de transmission pour faisceau non concentré (global beam)

| Trägerkapazität<br>(Anzahl Kanäle)<br>Capacité de porteuse<br>(nombre de voies) | Oberer Grenzfrequenz des Basisbandes<br>Fréquence limite supérieure de la bande de base | Zugeteilte Satelliten-Bandbreite<br>Largeur de bande de satellite attribuée | Belegte Bandbreite<br>Largeur de bande occupée | Eff. Frequenzhub für 0 dBm0<br>Pegel Excursion de fréquence effective pour un niveau de tonalité de test de 0 dBm0 | Effektiver Mehrträger-Frequenzhub<br>Excursion de fréquence effective des porteuses multiples | Verhältnis der Trägergeräusch- zur Gesamtgeräuschtemperatur im Betriebspunkt (8000 ± 200 pWp von RF-Quellen)<br>Rapport souffle de porteuse/température de bruit globale au point d'exploitation (8000 ± 200 pWp de radio-sources) | Störabstand in der belegten Bandbreite<br>Rapport signal/bruit dans la largeur de bande occupée | Verhältnis der unmodulierten Trägerleistung zur max. Trägerleistung bei voller Aussteuerung<br>Rapport entre la puissance de porteuse non modulée et la puissance de porteuse maximale à pleine modulation | Bodenstation Eff. Strahlungsleistung<br>Puissance de rayonnement effective de la station terrienne |
|---|---|---|--|--|---|--|---|--|--|
|   | fm<br>kHz   | ba<br>MHz   | bo<br>MHz                                      | fr<br>kHz  | fmc<br>kHz  | C/T<br>dBW/K   | C/N<br>dB   | dB/4 kHz   | EIRP<br>dBw  |
| 24  | 108,0   | 2,5   | 2,00   | 164  | 275   | -153,0   | 12,7  | 22,3   | 74,7   |
| 36  | 156,0   | 2,5   | 2,25   | 168  | 307   | -150,0   | 15,1  | 22,8   | 77,7   |
| 60  | 252,0   | 2,5   | 2,25   | 136  | 276   | -144,0   | 21,1  | 22,4   | 83,7   |
| 60  | 252,0   | 5,0   | 4,00   | 270  | 546   | -149,9   | 12,7  | 25,3   | 77,8   |
| 72  | 300,0   | 5,0   | 4,50   | 294  | 616   | -149,1   | 13,0  | 25,8   | 78,6   |
| 96  | 408,0   | 5,0   | 4,50   | 263  | 584   | -145,5   | 16,6  | 25,6   | 82,2   |
| 132   | 552,0   | 5,0   | 4,40   | 223  | 529   | -141,4   | 20,7  | 24,2   | 86,3   |
| 96  | 408,0   | 7,5   | 5,90   | 360  | 799   | -148,2   | 12,7  | 27,0   | 79,5   |
| 132   | 552,0   | 7,5   | 6,75   | 376  | 891   | -145,9   | 14,4  | 27,5   | 81,8   |
| 192   | 804,0   | 7,5   | 6,40   | 297  | 758   | -140,6   | 19,9  | 25,8   | 87,1   |
| 132   | 552,0   | 10,0  | 7,50   | 430  | 1020  | -147,1   | 12,7  | 28,0   | 80,6   |
| 192   | 804,0   | 10,0  | 9,00   | 457  | 1167  | -144,4   | 14,7  | 28,6   | 83,3   |
| 252   | 1052,0  | 10,0  | 8,50   | 358  | 1009  | -139,9   | 19,4  | 27,0   | 87,8   |
| 252   | 1052,0  | 15,0  | 12,40  | 577  | 1627  | -144,1   | 13,6  | 30,0   | 82,8   |
| 312   | 1300,0  | 15,0  | 13,50  | 546  | 1716  | -141,7   | 15,6  | 30,2   | 85,2   |
| 432   | 1796,0  | 17,5  | 15,75  | 517  | 1919  | -138,5   | 18,2  | 30,8   | 88,0   |
| 432   | 1796,0  | 20,0  | 18,00  | 616  | 2276  | -139,9   | 16,1  | 31,5   | 86,6   |
| 432   | 1796,0  | 25,0  | 20,70  | 729  | 2688  | -141,4   | 14,1  | 32,2   | 85,1   |
| 472   | 4028,0  | 36,0  | 36,00  | 802  | 4417  | -135,2   | 17,8  | 34,5   | 90,1   |
| 1092  | 4892,0  | 36,0  | 36,00  | 701  | 4118  | -132,4   | 20,7  | 32,2   | 93,6   |

Bei FDM-FM-FDMA werden sendeseitig die einzelnen Telefoniekanäle mit den Mitteln der Trägerfrequenztechnik gebündelt, anschliessend einem Frequenzmodulator zugeführt, in das 5,925...6,425-GHz-Band transferiert, verstärkt und gesendet. Auf der Gegenseite (3,7...4,2-GHz-Band) wird das empfangene Signal wieder demoduliert und der Trägerfrequenzausrüstung zugeführt.

Da die schweizerische Satelliten-Bodenstation aus wirtschaftlichen Gründen nur für Telefonie ausgerüstet ist, wird in diesem Artikel die Fernsehübertragung via Satellit nicht behandelt.

## 2. Parameter des Intelsat-IV-FM-Übertragungssystems

Den Tabellen II und III können die Parameter für FM-Übertragung entnommen werden, wobei die Ausdrücke «Global Beam» und «Spot Beam» den jeweils verwendeten Satellitenantennen entsprechen (Global Beam Antennengewinn etwa 16,7 dB, Öffnung 17°; Spot Beam Antennengewinn etwa 28,1 dB, Öffnung 4,5°).

## 3. Das Blockschema

Figur 27 zeigt das Blockschema der Einzelträger-Sende-ausrüstung, Figur 28 jenes der Einzelträger-Empfangsausrüstung, wie sie in der Schweizer Bodenstation vorhanden sind.

### 3.1 Sendeseite

Das Basisbandsignal ( $4 \text{ kHz} \dots [n+2] \times 4 \text{ kHz}$ ;  $n =$  Anzahl Telefoniekanäle), von der Trägerfrequenzausrüstung kommend, gelangt via Basisband-Verteilereinheit und Basisband-Bügelplatte, zum Modulator. Im Ausgangsmodulator erscheint die Information auf einem 70-MHz-Träger frequenzmoduliert. Nach Passieren der Zwischenfrequenz-Bügelplatte, von Entzerrereinheiten für die Sendeseite wie für den

(bande de 3,7...4,2 GHz), le signal capté est démodulé et amené à l'équipement à courants porteurs.

Pour des raisons économiques, la station terrienne suisse pour satellites n'est équipée que pour la téléphonie; par conséquent, il ne sera pas question dans ce qui suit de la transmission télévisuelle par satellites.

## 2. Les paramètres du système de transmission FM de l'Intelsat IV

Les tableaux II et III renseignent sur les paramètres de la transmission FM; les expressions faisceau global «Global Beam» et pinceau «Spot Beam» correspondent au type d'antenne de satellite utilisée (pour le faisceau global, le gain d'antenne est d'environ 16,7 dB et l'angle d'ouverture 17°; pour le pinceau, le gain d'antenne est d'environ 28,1 dB et l'angle d'ouverture 4,5°).

## 3. Le schéma de principe

La figure 27 montre le schéma de principe de l'équipement d'émission pour porteuses uniques et la figure 28 celui de l'ensemble de réception pour porteuses uniques, tels qu'ils sont utilisés dans la station terrienne suisse.

### 3.1 Côté émission

Le signal de bande de base ( $4 \text{ kHz} \dots (n+2) \times 4 \text{ kHz}$ ;  $n =$  nombre de voies téléphoniques) venant de l'équipement à courants porteurs parvient au modulateur par le biais de l'unité de répartition et la baie d'étriers de bande de base. Dans le modulateur de sortie, l'information apparaît modulée en fréquence sur une porteuse de 70 MHz. Après avoir passé par la baie d'étriers moyenne fréquence et les correcteurs de distorsions, tant pour le côté émission que pour le satellite, puis par un filtre de voie pour la limitation du spectre d'émission, le signal de 70 MHz est transposé dans la bande

Tabelle III. Intelsat IV: Uebertragungs-Parameter für gebündelten Strahl (spot beam)

Tableau III. Intelsat IV: paramètres de transmission pour pinceau (spot beam)

| Trägerkapazität<br>(Anzahl Kanäle)<br>Capacité de porteuse<br>(nombre de voies) | Obere Grenz-<br>frequenz des<br>Basisbandes<br>Fréquence limite ten-<br>supérieure de la Band-<br>bande de base | Zuge-<br>teilte<br>Satelli-<br>breite<br>Largeur<br>de bande<br>de satellite<br>attribuée | Belegte<br>Band-<br>breite<br>Largeur<br>de bande<br>occupée | Eff. Fre-<br>quenzhub<br>für 0 dBm0<br>Testton-<br>de Pegel<br>Excursion<br>de fréquence<br>effective<br>pour un<br>niveau de<br>tonalité de<br>test de<br>0 dBm0 | Effektiver<br>Mehrträger-<br>Frequenzhub<br>Excursion<br>de fréquence<br>effective des<br>porteuses<br>multiples | Verhältnis der Träger-<br>leistung- zur Gesamt-<br>geräuschtemperatur<br>im Betriebspunkt ( $8000 \pm$<br>200 pWp von RF-Quellen<br>Rapport souffle de<br>porteuse/température de<br>bruit globale au point<br>d'exploitation ( $8000 \pm$<br>200 pWp de radio-<br>sources) | Störabstand<br>in der be-<br>legten<br>Bandbreite<br>Rapport<br>signal/bruit<br>dans la<br>largeur de<br>bande<br>occupée | Verhältnis der unmodulier-<br>ten Trägerleistung zur max.<br>Trägerleistung bei<br>voller Aussteuerung<br>Rapport entre la puissance<br>de porteuse non modulée<br>et la puissance de<br>porteuse maximale à pleine<br>modulation | Bodenstation<br>Eff. Strah-<br>lungsleistung<br>Puissance de<br>rayonnement<br>effective de la<br>station terrienne |
|---|---|---|--|---|--|---|---|---|---|
|   | fm  | ba<br>MHz   | bo<br>MHz  | fr<br>kHz   | fmc<br>kHz   | C/T<br>dBW/K  | C/N<br>dB   | dB/4 kHz  | EIRP<br>dBW   |
| 60  | 262,0   | 2,5   | 2,25   | 136   | 276  | -144,0  | 21,1  | 22,4  | 81,4  |
| 72  | 300,0   | 2,5   | 2,25   | 125   | 261  | -141,7  | 23,4  | 20,2  | 83,7  |
| 132   | 662,0   | 5,0   | 4,40   | 223   | 629  | -141,4  | 20,7  | 24,2  | 83,9  |
| 192   | 804,0   | 5,0   | 4,50   | 180   | 459  | -136,3  | 25,8  | 20,6  | 89,0  |
| 192   | 804,0   | 7,5   | 6,40   | 297   | 758  | -140,6  | 19,9  | 25,8  | 84,7  |
| 252   | 1052,0  | 7,5   | 6,75   | 260   | 733  | -137,1  | 23,2  | 23,7  | 88,2  |
| 252   | 1052,0  | 10,0  | 8,50   | 368   | 1009   | -139,9  | 19,4  | 27,0  | 85,4  |
| 312   | 1300,0  | 10,0  | 9,00   | 320   | 1005   | -137,1  | 22,0  | 26,0  | 88,2  |
| 432   | 1796,0  | 15,0  | 13,00  | 401   | 1479   | -136,2  | 21,2  | 27,6  | 88,4  |
| 612   | 2540,0  | 20,0  | 17,80  | 454   | 1996   | -134,2  | 21,9  | 28,9  | 90,1  |
| 792   | 3284,0  | 20,0  | 18,00  | 356   | 1784   | -129,9  | 26,2  | 26,4  | 94,4  |
| 792   | 3284,0  | 25,0  | 22,40  | 499   | 2494   | -132,8  | 22,3  | 30,0  | 91,5  |
| 972   | 4028,0  | 25,0  | 22,50  | 410   | 2274   | -129,4  | 25,7  | 27,6  | 94,9  |
| 1872  | 8120,0  | 36,0  | 36,00  | 419   | 3181   | -123,5  | 29,5  | 28,0  | 98,6  |

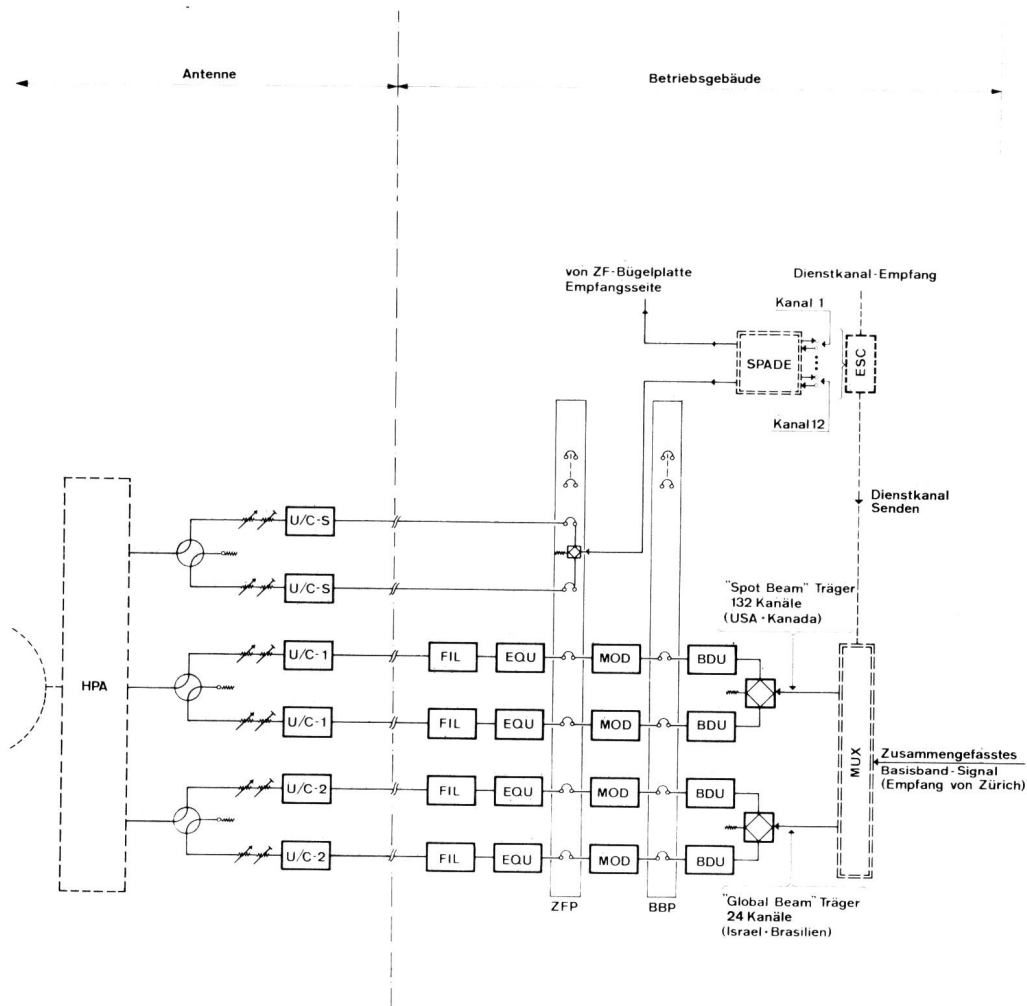


Fig. 27 Vereinfachtes Blockscha der Einzelträgersendeausrüstung — Schéma simplifié de l'installation d'émission pour porteuses uniques

Betriebsgebäude — Bâtiment d'exploitation  
 Sendeketten für Einzelträger — Chaînes d'émission pour porteuses uniques  
 Von ZF-Bügelplatte Empfangsseite — De la baie des étriers MF côté réception  
 Dienstkanalempfang — Réception du canal de service  
 Kanal 1 — Canal 1  
 Kanal 12 — Canal 12  
 Dienstkanal Senden — Emission du canal de service  
 «Spot Beam»-Träger 132 Kanäle (USA—Kanada) — Porteuse «Spot Beam» 132 canaux (USA—Canada)  
 «Global Beam»-Träger 24 Kanäle (Israel—Brasilien) — Porteuse «Global Beam» 24 canaux (Israël—Brésil)  
 Zusammengefasstes Basisband-Signal (Empfang von Zürich) — Signal de bande de base groupé (réception de Zurich)

MUX Multiplexausrüstung für Empfang von Zürich und Senden Richtung Satellit — Dispositif de multiplexage pour la réception de Zurich et l'émission vers le satellite  
 ESC Intelsat-Dienstkanal-Schaltssystem — Système de commutation des canaux de service Intelsat  
 BDU Basisbandverteilungseinheit Sendeseite — Unité de répartition de la bande de base côté émission  
 BBP Basisband-Bügelplatte — Baie d'étriers de bande de base  
 ZFP ZF-Bügelplatte — Baie d'étriers MF  
 MOD FM-Modulator — Modulateur MF  
 EQU Amplituden- und Gruppenlaufzeitentzerrer — Egaliseur d'amplitude et de temps de propagation de groupe  
 FIL ICSC-ZF-Filter — Filtre MF ICSC  
 Sendemsetzer für FM-Träger — Mélangeurs d'émission pour porteuses modulées en fréquence  
 U/C-S Sendemsetzer für SPADE — Mélangeurs d'émission pour le SPADE  
 HPA SHF-Leistungsverstärker-Subsystem — Sous-ensemble d'amplification de puissance SHF

Satelliten und eines Kanalfilters zur Beschneidung des Sendespektrums, wird das 70-MHz-Signal im Aufwärtsmischer in das 6-GHz-Band (5,925...6,425 GHz) gebracht.

Dank der Bügelplatten kann jede Basisband-Verteilereinheit mit jedem Modulator und jeder Modulator mit jedem Aufwärtsmischer zusammengeschaltet werden.

### 3.2 Empfangsseite

Der Abwärtsmischer filtert aus dem 3,7...4,2-GHz-Band ein vorbestimmtes, 36 MHz breites Signal und mischt dieses auf  $70 \text{ MHz} \pm 18 \text{ MHz}$ , wo es der Telefoniekanzahl und den Übertragungsparametern entsprechend bandlimitiert wird, um am Ausgang des ZF-Filters nur noch den gewünschten Träger zu bekommen. Nach den Entzerrungseinheiten gelangt das frequenzmodulierte Trägersignal über ZF-Bügelplatte zum Demodulator. An dessen Ausgang steht das Basisbandsignal wieder zur Verfügung. Dieses wird via Basisband-Bügelplatte und -Verteilereinheit der Trägerfre-

de 6 GHz (5,925...6,425 GHz) par un mélangeur-multiplicateur.

Grâce à la baie d'étriers, on peut interconnecter chaque unité de répartition de bande de base avec chaque modulateur et chaque modulateur avec chaque mélangeur-multiplicateur.

### 3.2 Côté réception

Le mélangeur-diviseur extrait de la bande de 3,7...4,2 GHz un signal prédéterminé d'une largeur de 36 MHz et le mélange à  $70 \text{ MHz} \pm 18 \text{ MHz}$ , où il est limité dans sa largeur de bande en fonction du nombre des voies téléphoniques et des paramètres de transmission, afin que l'on n'ait plus que la porteuse désirée à la sortie du filtre MF. Après avoir traversé les correcteurs de distorsion, le signal de porteuse modulé en fréquence est conduit au démodulateur par l'intermédiaire de la baie d'étriers MF. A la sortie du démodulateur, on dispose à nouveau du signal de bande de base. Ce dernier est amené à l'équipement de courants porteurs par le biais de la



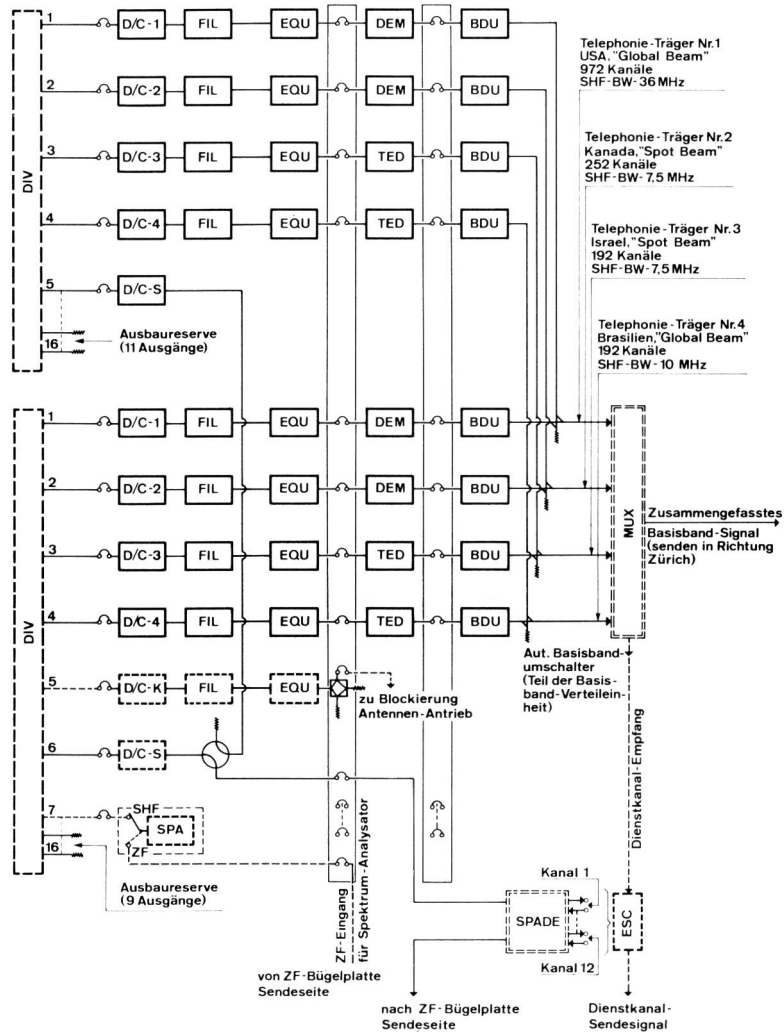


Fig. 28 Vereinfachtes Blockschema der Einzelträgerempfangsausrüstung — Schéma simplifié de l'installation de réception pour porteuses uniques

Betriebsgebäude — Bâtiment d'exploitation  
 Empfangsketten für Einzelträger — Chaînes de réception pour porteuses uniques  
 Telefonieträger Nr. 1, USA «Global Beam» 972 Kanäle SHF BW 36 MHz — Porteuse téléphonie N° 1, USA «Global Beam» 972 canaux SHF BW 36 MHz  
 Telefonieträger Nr. 2 Kanada, «Spot Beam» 272 Kanäle SHF BW 7,5 MHz — Porteuse téléphonie N° 2 Canada, «Spot Beam» 272 canaux SHF BW 7,5 MHz  
 Telefonieträger Nr. 3 Israel, «Spot Beam» 192 Kanäle SHF BW 7,5 MHz — Porteuse téléphonie N° 3 Israël, «Spot Beam» 192 canaux SHF BW 7,5 MHz  
 Telefonieträger Nr. 4 Brasilien, «Global Beam» 132 Kanäle SHF BW 7,5 MHz — Porteuse téléphonie N° 4 Brésil, «Global Beam» 132 canaux SHF BW 7,5 MHz  
 Zusammengefasstes Basisbandsignal (senden in Richtung Zürich) — Signal groupé de bande de base (émission direction Zurich)  
 Automatischer Basisbandumschalter (Teil der Basisbandverteileinheit) — Commutateur automatique de bande de base (élément de l'unité de répartition de bande de base)  
 Dienstkanalempfang — Réception du canal de service  
 Dienstkanalsendesignal — Signal d'émission du canal de service  
 Zur Blockierung Antennenantrieb — Vers le blocage de l'entraînement d'antenne  
 ZF-Eingang für Spektrumanalysator — Entrée MF pour l'analyseur de spectre  
 Nach ZF-Bügelplatte Sendeseite — Vers la baie des étriers MF côté émission  
 Nach ZF-Bügelplatte Sendeseite — Vers la baie des étriers MF côté émission  
 Kanal 1 — Canal 1

Kanal 12 — Canal 12  
 Ausbaureserve (11 Ausgänge) — Réserve pour extension (11 sorties)  
 Ausbaureserve (9 Ausgänge) — Réserve pour extension (9 sorties)  
 DIV SHF-Empfangsverteiler — Répartiteur de réception SHF  
 D/C 1...4 Empfangsumsetzer für FM-Träger Nr. 1...4 — Mélangeurs de réception pour porteuses modulées en fréquence N° 1...4  
 D/C-S Empfangsumsetzer für SPADE — Mélangeur de réception pour SPADE  
 D/C-K Kontrollempfangsumsetzer für «Global Beam» — Mélangeur de contrôle de réception pour le «Global Beam»  
 Träger der eigenen Station — Porteuse de la propre station  
 SPA Spektrumanalysator — Analyseur de spectre  
 FIL ICSC-ZF-Filter — Filtre MF ICSC  
 EQU Amplituden- und Gruppenlaufzeitfehler — Egaliseur de distorsion d'amplitude et de temps de propagation de groupe  
 ZFP ZF-Bügelplatte — Baie des étriers MF  
 BBP Basisbandbügelpalte — Baie des étriers de bande de base  
 DEM Konventioneller Demodulator — Démodulateur conventionnel  
 TED Schwellwertverbessernder Demodulator — Démodulateur améliorant la valeur de seuil  
 BDU Basisbandverteileinheit, Empfangsseite — Unité de répartition de bande de base, côté réception  
 MUX Multiplexausrüstung, Teil für Empfang vom Satelliten und Senden Richtung Zürich — Dispositif de multiplexage. Réception du satellite, émission vers Zurich  
 ESC Intelsat-Dienstkanal-Schaltssystem — Système de commutation des canaux de service Intelsat

quenzausrüstung zugeführt. Auch hier dienen die Bügelplatten dazu, das vorhandene Material möglichst flexibel einsetzen zu können.

#### 4. Redundanzbetrachtungen

Bei Satellitenverbindungen wird grosser Wert auf Zuverlässigkeit gelegt. Aus diesem Grund sind sämtliche Einzelträger-Sende- und Empfangsketten voll redundant ausge-

baie d'étriers de bande de base. A ce niveau également, la baie d'étriers sert à utiliser le matériel disponible avec une souplesse optimale.

#### 4. Considérations sur la redondance

La fiabilité occupe une place prépondérante dans les communications par satellites. A cet effet, toutes les chaînes d'émission et de réception pour porteuses uniques sont

rüstet. Die Umschaltung geschieht automatisch, kann jedoch (zum Beispiel bei Ausfall der Automatik) auch manuell vorgenommen werden.

## 5. Das Verbindungsmodell der FM-Träger

Die Bodenstation Leuk ist anfänglich für zwei Sende- und vier Empfangsträger ausgerüstet. Eine Erweiterung der Einzelträger/Sende-Empfangseinrichtung ist ohne Schwierigkeiten beliebig möglich.

Jede Einzelträger/Sende-Empfangskette kann wahlweise bis zu 1872 Telefonikanäle übertragen. Zur Zeit sind die Ketten für folgende Kanalzahlen und Länder eingerichtet:

*Sendeträger Nr. 1:* 132 Telefonikanäle, davon 88 nach USA, 20 nach Kanada, 24 Reserve.

*Sendeträger Nr. 2:* 24 Telefonikanäle, davon 12 nach Israel, 4 nach Brasilien, 8 Reserve.

*Empfangsträger Nr. 1:* Empfang USA, 972 Telefonikanäle, von denen 88 für die Schweiz, die übrigen für andere Länder bestimmt sind.

*Empfangsträger Nr. 2:* Empfang Kanada, 252 Telefonikanäle, von denen 20 für die Schweiz, die übrigen für andere Länder bestimmt sind.

*Empfangsträger Nr. 3:* Empfang Israel, 192 Telefonikanäle, von denen 12 für die Schweiz, die übrigen für andere Länder bestimmt sind.

*Empfangsträger Nr. 4:* Empfang Brasilien, 132 Telefonikanäle, von denen 4 für die Schweiz, die übrigen für andere Länder bestimmt sind.

## 6. Die Sendeausrüstung

### 6.1 Die Sende-Basisbandverteileinheit

Diese Einheit hat die Aufgabe, das trägerfrequente Multiplexsignal den Bedürfnissen des Satellitenfunks anzupassen. *Figur 29* zeigt das Blockscha. Abgesehen von Pegel- anpassungsgliedern enthält die Schaltung als Besonder-

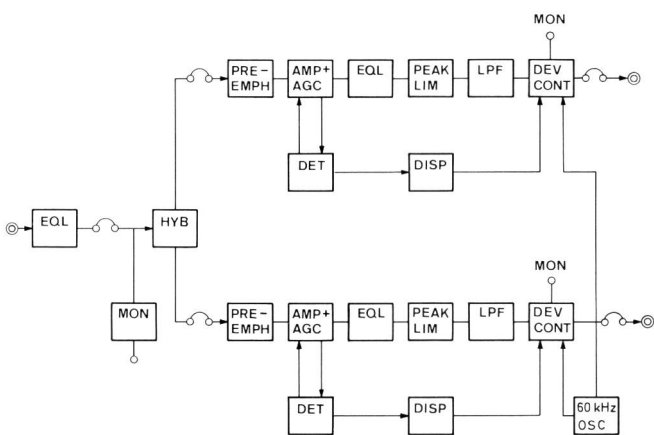


Fig. 29

Blockscha der Sende-Basisbandverteileinheit (vollredundant) — Schéma bloc de l'unité de répartition de bande de base d'émission (entièrement redondante)

|          |   |
|----------|---|
| EQL      | Amplitudenzerrzer — Egaliseur d'amplitude                             |
| MON      | Testausgang — Sortie de test  |
| HYB      | Hybrid — Hybride  |
| PRE-EMPH | Pre-Emphasis — Pré-accatuation  |
| AMP      | Verstärker — Amplificateur  |
| AGC      | Automatische Verstärkerregelung — Réglage automatique d'amplification |
| PEAK LIM | Spitzenpegelbegrenzer — Limiteur de pointes de niveau                 |
| LPF      | Tiefpassfilter — Filtre passe-bas                                     |
| DEV CONT | Kontrolleinschub — Circuit de contrôle                                |
| DET      | Basisbandpegelüberwachung — Contrôle du niveau de bande de base       |
| DISP     | Dispersaloszillator — Oscillateur de signal de dispersion             |
| MON      | Monitor — Moniteur  |
| DET      | Detektor — Détecteur  |

entièrement redondantes. Bien que la commutation soit automatique, on peut (par exemple si l'automatisme tombe en panne) commuter les ensembles manuellement.

## 5. Modèle des liaisons assurées par les porteuses FM

A l'état initial, la station terrienne de Loèche est équipée pour deux porteuses d'émission et quatre porteuses de réception. Il est possible d'agrandir facilement à volonté l'équipement d'émission et de réception pour porteuses uniques. Chaque chaîne d'émission et de réception pour porteuses uniques peut transmettre, sur option, jusqu'à 1872 voies téléphoniques. Pour l'instant, il est prévu que les chaînes travailleront avec le nombre de voies et les pays indiqués ci-après:

*Porteuse d'émission n° 1:* 132 voies téléphoniques, dont 88 à destination des Etats-Unis, 20 du Canada et 24 de réserve.

*Porteuse d'émission n° 2:* 24 voies téléphoniques, dont 12 à destination d'Israël, 4 du Brésil et 8 de réserve.

*Porteuse de réception n° 1:* Réception des Etats-Unis, 972 voies téléphoniques, dont 88 réservées à la Suisse et le reste à d'autres pays.

*Porteuse de réception n° 2:* Réception du Canada, 252 voies téléphoniques, dont 20 réservées à la Suisse et le reste à d'autres pays.

*Porteuse de réception n° 3:* Réception d'Israël, 192 voies téléphoniques, dont 12 réservées à la Suisse.

*Porteuse de réception n° 4:* Réception du Brésil, 132 voies téléphoniques, dont 4 réservées à la Suisse et le reste à d'autres pays.

## 6. L'équipement d'émission

### 6.1 L'unité de répartition de bande de base d'émission

Cette unité a pour tâche d'adapter le signal multiplex de fréquences porteuses aux besoins des télécommunications par satellites. Le schéma de principe en est représenté à la *figure 29*. Outre les cellules d'adaptation de niveau, ce circuit a la particularité de posséder une régulation automatique de gain (AGC) et une injection de signal de dispersion d'énergie (Dispersal). Vu que le système Intelsat est dimensionné pour le niveau à pleine charge selon le CCIR<sup>4</sup>, des surcharges déviant trop considérablement de la valeur prévue influenceraient de manière néfaste le système de transmission à l'échelle mondiale. Pour éviter cet inconvénient, on injecte un signal de dispersion d'énergie lorsque la charge de la bande de base est trop faible et met en jeu la régulation de gain lorsqu'elle est trop forte. L'amplitude du signal de dispersion d'énergie — un signal en dents de scie dans la plage de 20...150 Hz — est automatiquement réglée suivant le niveau de bande de base disponible, si bien que la puissance dans le spectre modulé en fréquence à la sortie de l'émetteur ne dépasse jamais de plus de 2 dB, pour chaque bloc d'information de 4 kHz, la valeur pour la charge fixée par le CCIR. Le contrôle automatique de gain (AGC) commence à régler la somme des niveaux des signaux de bande de base, dès que le niveau de pleine charge selon les normes CCIR est atteint. Cette valeur ne doit pas dépasser le seuil prescrit de plus de 1 dB. La régulation de gain agit lors de surcharges pouvant atteindre jusqu'à 10 dB ou 20 dB, selon la position de réglage choisie. Les surcharges de niveau plus importantes et les pointes sont interceptées par des diodes polarisées ad hoc.

<sup>4</sup> Comité consultatif international radio-électrique

heiten eine automatische Verstärkungsregelung (AGC) und eine Verwischungssignaleinspeisung (Dispersal).

Da das Intelsat-System für den CCIR<sup>4</sup>-Vollastpegel dimensioniert ist, würden Belastungen, die zu stark vom Planungswert abweichen, das weltweite Übertragungssystem nachteilig beeinflussen. Um dies zu verhindern, ist bei zu tiefer Basisbandbelastung die Dispersaleinspeisung und bei zu hoher die Verstärkungsregelung wirksam.

Die Amplitude des Dispersalsignals, ein sägezahnförmiges Signal im Bereich 20...150 Hz, wird entsprechend dem vorhandenen Basisbandpegel automatisch reguliert, sodass am Senderausgang die Leistung je 4-kHz-Schlitz im frequenzmodulierten Spektrum den Wert bei CCIR-Belastung nie mehr als 2 dB überschreitet. Die AGC beginnt den Summenpegel des Basisbandsignals zu regulieren, sobald der CCIR-Vollastpegel erreicht wird. Dieser darf nicht mehr als 1 dB überschritten werden. Die Verstärkungsregelung wirkt bei Überlast bis wahlweise 10 dB oder 20 dB. Höhere Überlastpegel und Spitzen werden mit entsprechend vorgespannten Dioden verhindert.

Zur Überwachung der gesamten Satellitenverbindung wird in der Basisband-Verteilereinheit nach der AGC-Schaltung ein 60-kHz-Pilotsignal eingespeist. Dessen Auswertung wird unter anderem als Umschaltkriterium der Schmalbandkette sende- und empfangsseitig verwendet. Der nicht mit dem 60-kHz-Pilot erfasste Teil wird durch den 104,08-kHz-Primärgruppenpilot überwacht.

## 6.2 Der FM-Modulator

Der Modulator kann beliebig für Trägerkapazitäten bis 1872 Telefonikanäle oder für Fernsehen eingesetzt werden. In *Figur 30* ist das Blockschaema dargestellt.

Der Oszillator des FM-Modulators, der auf 180 MHz schwingt, wird über eine Varaktordiode mit dem Basisbandsignal frequenzmoduliert. Eine Mischstufe mit einem 250-MHz-Quarzoszillator setzt das frequenzmodulierte 180-MHz-Signal auf die Ausgangsfrequenz von 70 MHz um. Mit dieser Schaltung bleiben die Linearitätsverzerrungen über einen ZF-Bereich von  $70 \text{ MHz} \pm 10 \text{ MHz}$  beziehungsweise 18 MHz kleiner als 1% beziehungsweise 2%. Der Beitrag des Modulators zum Intermodulationsgeräusch ist beim CCIR-Vollastpegel für 1872 Kanäle kleiner als 70 pWOp.

## 6.3 Amplituden- und Gruppenlaufzeitentzerrer

Diese haben folgende Übertragungsverzerrungen zu korrigieren:

- Entzerrung von Amplituden-Frequenzgangrestfehlern der Geräte auf Sendeseite.
- Korrektur von Gruppenlaufzeitverzerrungen der Geräte auf der Sendeseite.
- Vorentzerrung der Gruppenlaufzeitverzerrungen des Satelliten gemäss den Anweisungen der technischen Koordinationsstelle (Comsat).

Abgeglichen werden je die linearen und parabolischen Komponenten der Verzerrungen. Die Entzerrung der Sendekette einerseits und des Satelliten andererseits geschieht mit zwei voneinander unabhängigen, aber identischen Einheiten.

*Figur 31* zeigt das Blockschaema des Gruppenlaufzeitentzerrers, *Figur 32* jenes des Amplitudenentzerrers. Daraus geht die Funktionsweise hervor. Die Einheiten sind benutzbar bis zu einer Bandbreite von 36 MHz.

<sup>4</sup> Comité consultatif international des radiocommunications

Afin de pouvoir surveiller les liaisons par satellite, on injecte un signal pilote de 60 kHz dans l'unité de répartition de bande de base, après le circuit AGC. L'analyse de ce signal sert, entre autres choses, de critère de commutation de la chaîne à bande étroite, tant du côté émission que du côté réception. La partie du signal qui n'est pas contrôlée par le pilote de 60 kHz l'est par le pilote de groupe primaire de 104,08 kHz.

## 6.2 Le modulateur FM

Le modulateur peut être mis en œuvre à volonté pour des capacités de porteuse allant jusqu'à 1872 voies téléphoniques ou pour la télévision. Le schéma de principe en est représenté à la *figure 30*. Le signal de 180 MHz de l'oscillateur du modulateur FM est modulé en fréquence avec le signal de bande de base par le biais d'une diode à capacité variable. Un étage mélangeur équipé d'un oscillateur à quartz de 250 MHz transpose le signal modulé en fréquence de 180 MHz à la fréquence de sortie de 70 MHz. Avec ce montage, les distorsions de linéarité sont inférieures à 1% dans une plage MF de 70 MHz à  $\pm 10$  MHz et inférieures à 2% à  $\pm 18$  MHz. A pleine charge CCIR (1872 voies), la composante du modulateur afférente au bruit d'intermodulation est inférieure à 70 pWOp.

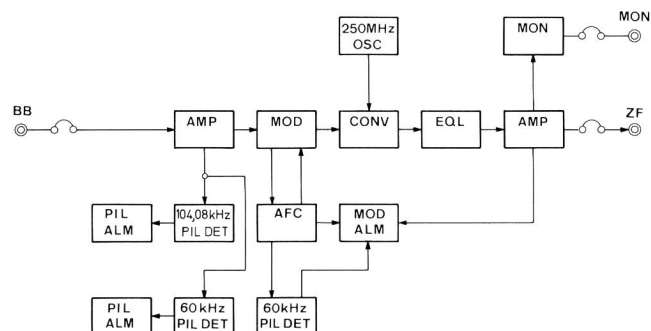


Fig. 30  
Blockschaema des FM-Modulators — Schéma simplifié du modulateur FM

|         |  |
|---------|--|
| BB      | Basisband — Bande de base  |
| ZF      | Zwischenfrequenz — Fréquence intermédiaire   |
| AMP     | Verstärker — Amplificateur   |
| MOD     | Modulatoreinheit — Unité de modulation   |
| CONV    | Mischer (180 MHz/70 MHz) — Mélangeur (180 MHz/70 MHz)                              |
| OSC     | Oszillateur — Oscillateur  |
| EQL     | Entzerrer — Egaliseur  |
| MOD ALM | Modulationsalarmeinheit — Unité d'alarme de modulation                             |
| AFC     | Automatische Frequenzkontrolle — Contrôle automatique de fréquence                 |
| PIL DET | Pilotdetektor (60 kHz und 104,08 kHz) — Détecteur de pilote (60 kHz et 104,08 kHz) |
| PIL ALM | Pilotalarm (60 kHz und 104,08 kHz) — Alarme de pilote (60 kHz et 104,08 kHz)       |

## 6.3 Egaliseurs de distorsion d'amplitude et de temps de propagation de groupe

Ces égaliseurs doivent corriger les distorsions de propagation suivantes:

- égaliser, côté émission, les distorsions d'amplitude des champs résiduels de réponse en fréquence des appareils;
- corriger les distorsions de temps de propagation de groupe des équipements du côté émission;
- pré-égaliser (préaccentuation) les distorsions de propagation de temps de groupe des signaux du satellite selon les instructions du centre de coordination technique (Comsat).

On égalise les composantes linéaires et les composantes paraboliques des distorsions. Par le biais de deux ensembles dentiques mais indépendants, on corrige d'une part les

### 6.4 Die ICSC-Zwischenfrequenzfilter

Diese dienen der Begrenzung des Sendespektrums und somit der optimalen Ausnützung der Satellitenkapazität, weshalb sehr strenge Forderungen bezüglich Amplitudenfrequenzgang und Gruppenlaufzeitverzerrung gestellt werden. Diese Forderungen sind für alle Bodenstationen gleich und wurden von Intelsat spezifiziert. Die Filtercharakteristiken sind abhängig von der jeweiligen übertragenen Trägerkapazität (24...1872 Telefonikanäle) beziehungsweise der dafür benötigten SHF-Bandbreite. Siehe dazu *Tabelle IV*.

### 6.5 Der Sendeumsetzer

#### Umsetzer für FM-Träger

Das entzerrte 70-MHz-Zwischenfrequenzsignal, dessen maximaler Frequenzhub und damit die Bandbreite je nach Trägerkapazität unterschiedlich ist, wird in einem verhältnismässig breitbandigen Aufwärtsmischer in die 6-GHz-Frequenzlage transponiert. Die Bandbreite beträgt 40 MHz und genügt für alle vorkommenden Kanalkapazitäten.

Der Aufwärtsmischer muss verschiedenen, strengen Pflichtwerten entsprechen, da in den nachfolgenden Breitband-Sendeverstärkern keine Selektionsglieder mehr vorkommen und allenfalls vorhandene, unerwünschte Mischprodukte sonst ausgestrahlt würden, oder, was noch schlimmer wäre, bei 4 GHz die Empfangsseite stören könnten. Es sind folgende Werte einzuhalten:

|  |                          |
|--|--------------------------|
| Frequenzkonstanz bei 6 GHz                                       | $\pm 35$ kHz je Monat    |
| Linearität über $\pm 18$ MHz                                     | $\pm 0,2$ dB             |
| Unerwünschte Mischprodukte, in 4-kHz-Schlitz gemessen, bei 6 GHz | mind. 85 dB              |
| bei 4 GHz  | mind. 110 dB             |
| gemessen in 5-MHz-Schlitz, bei 6 GHz                             | mind. 65 dB              |
| Harmonische  | mind. 65 dB              |
| Lokaloszillator-Beitrag  | mind. 85 dB              |
|  | unterhalb der Nutzträger |
| Ausgangspegel 6 GHz  | + 5 dBm                  |

Im Gegensatz zu den Mischern bei Richtstrahlanlagen wird ferner auf grosse Flexibilität bei Frequenzwechsel Wert gelegt, das heisst, Oszillator und Filter sollen leicht umstimbar sein.

Gemäss Blockschema *Figur 33* wird in Leuk Einfachüberlagerung angewendet. Um die spektrale Reinheit zu gewährleisten, wird für den Lokaloszillator ein auf etwa 1 GHz schwingender Topfkreistransistor-Oszillator mit einer Quarzreferenz-Frequenz synchronisiert (Injection Phase-Lock). Da die Oszillatorfrequenz beim Einfachmischer nur 70 MHz tiefer als der Nutzträger liegt, wird diese am Aus-

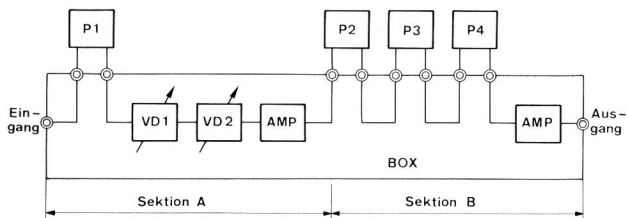


Fig. 31 Gruppenlaufzeitentzerrer — Egaliseur de temps de propagation de groupe

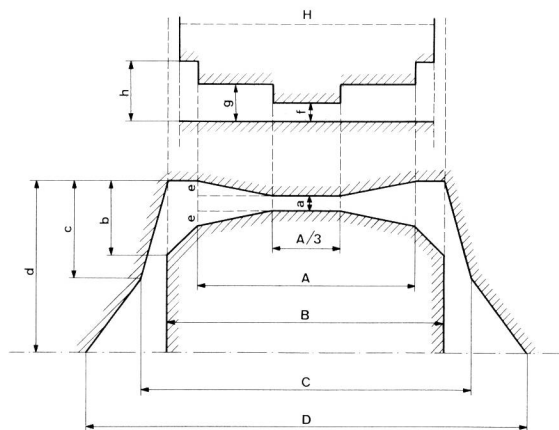
- BOX Einschub — Tiroir
- P1...P4 Auswechselbare Einheiten für Grobabweichung — Unités enfichables pour l'équilibrage grossier
- VD1...VD2 Einheiten für Feinabgleich (kontinuierlich) — Unités d'équilibrage fin (continu)
- AMP Verstärker — Amplificateur
- Sektion A Abgleich der parabolischen Komponenten — Equilibrage des composantes paraboliques
- Sektion B Abgleich der linearen Komponenten — Equilibrage des composantes linéaires

distorsions de la chaîne d'émission, et, d'autre part, celles du satellite.

La *figure 31* montre le schéma de principe de l'égaliseur de distorsion de propagation de groupe et la *figure 32* celui de l'égaliseur de distorsion d'amplitude. Les unités sont utilisables jusqu'à une largeur de bande de 36 MHz.

### 6.4 Les filtres moyenne fréquence ICSC

Ces filtres servent à limiter le spectre d'émission et, partant, à utiliser au maximum la capacité du satellite, raison pour laquelle ils doivent satisfaire à des exigences sévères, en ce qui concerne les distorsions de temps de propagation de groupe et la courbe de réponse en amplitude. Ces exigences sont les mêmes pour toutes les stations terriennes et elles sont fixées par l'Intelsat. Les caractéristiques des filtres dépendent de la capacité momentanée de la porteuse d'émission (24...1872 voies téléphoniques), soit de la largeur de bande SHF exigée; (voir à ce propos *le tableau IV*).



**Tabelle IV.** Amplituden- und Gruppenlaufzeit-Frequenzgang  
**Tableau IV.** Réponse en temps de propagation d'amplitude et de groupe

| Bandbreite des Trägers<br>Largeur de bande A<br>de la porteuse | B     | C     | D     | H     | a     | b    | c    | d    | e    | f    | g    | h    |    |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|----|
| (MHz)  | (MHz) | (MHz) | (MHz) | (MHz) | (MHz) | (dB) | (dB) | (dB) | (dB) | (ns) | (ns) | (ns) |    |
| 2,5  | 1,8   | 2,25  | 2,75  | 8,0   | 2,1   | 0,7  | 1,5  | 2,5  | 25   | 0    | 16   | 16   | 20 |
| 5,0  | 3,6   | 4,5   | 5,25  | 13,0  | 4,1   | 0,5  | 2,0  | 3,0  | 25   | 0    | 12   | 12   | 20 |
| 7,5  | 5,4   | 6,75  | 7,75  | 17,0  | 6,2   | 0,4  | 2,5  | 4,0  | 25   | 0    | 12   | 20   | 20 |
| 10,0   | 7,2   | 9,0   | 10,25 | 19,0  | 8,3   | 0,3  | 2,5  | 5,0  | 25   | 0,1  | 9    | 9    | 18 |
| 15,0   | 10,8  | 13,5  | 15,5  | 25,0  | 12,4  | 0,3  | 2,5  | 5,5  | 25   | 0,1  | 6    | 6    | 15 |
| 20,0   | 14,4  | 18,0  | 20,5  | 28,0  | 16,6  | 0,3  | 2,5  | 7,5  | 25   | 0,1  | 4    | 5    | 15 |
| 25,0   | 18,0  | 22,5  | 25,75 | 34,0  | 20,7  | 0,3  | 2,5  | 8,0  | 25   | 0,2  | 3    | 5    | 15 |
| 36,0   | 28,8  | 36,0  | 42,25 | 60,0  | 33,1  | 0,6  | 2,5  | 10,0 | 25   | 0,3  | 3    | 5    | 15 |
| Video — Vidéo  | 24,0  | 30,0  | —     | —     | 30,0  | 0,5  | 2,5  | —    | —    | 0,3  | 5    | 5    | 15 |

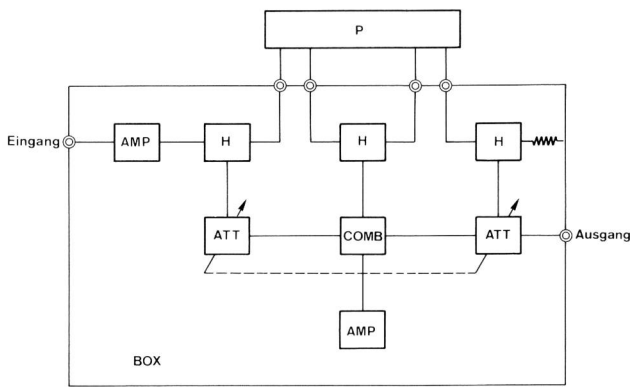


Fig. 32  
Amplitudenentzerrer — Egaliseur d'amplitude

- BOX Einschub — Tiroir  
 AMP Verstärker — Amplificateur  
 H Hybrid — Hybride  
 P Auswechselbare, fixe Verzögerungsleitung — Ligne à retard fixe, échangeable  
 ATT Variables Dämpfungsglied für Abgleich — Atténuateur variable d'égalisation  
 COMB Kombinator — Combineur

gang des Mischers mit einem steilen, fünfkreisigen Mikrowellen-Bandstopfilter abgeschwächt.

Muss die Trägerfrequenz geändert werden, so sind der Quarz des Referenzoszillators, der Topfkreis und die beiden Mikrowellenfilter neu abzustimmen. Die Filter besitzen Mikrometerschrauben, die nach Eichkurven einzustellen sind. Im Notfall kann beim Fehlen eines geeigneten Quarzes der Oszillator auch freischwingend betrieben werden, wobei die resultierende geringere Frequenzstabilität durch tägliches Nachstellen zu kompensieren ist.

Das gewählte Synchronisationsverfahren (Fig. 34) basiert auf der direkten Beeinflussung eines freischwingenden Oszillators durch eine Referenzschwingung gleicher Sollfrequenz. Der Oszillator lässt sich je nach gewähltem Kopplungsfaktor mehr oder weniger stark von seiner Eigenfrequenz «wegziehen», wobei sich je nach Verstimmung eine grössere oder kleinere Phasenverschiebung einstellt. Dadurch wird die Anpassung des Referenzoszillators an den Topfkreis gestört, es fließt Blindenergie zurück zur

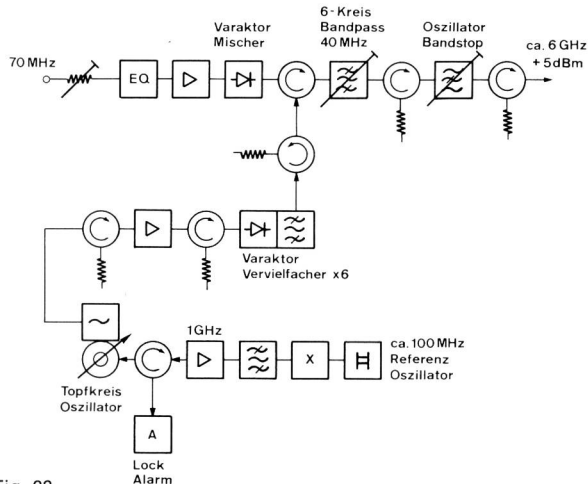


Fig. 33  
Blockschema des Sendeumsetzers für FM-Träger 70 MHz → 6 GHz  
— Schéma bloc du translateur de fréquence pour porteuse FM 70 MHz → 6 GHz

- EQ Entzerrer — Egaliseur  
 Varaktor-Mischer — Mélangeur varactor  
 6-Kreis-Bandpass 40 MHz — Filtre passe-bande à 6 cellules, 40 MHz  
 Oszillator-Bandstopp — Oszillateur et blocage de bande  
 Varaktor-Vervielfacher x 6 — Sextupleur varactor  
 Topfkreis-Oszillator — Oszillateur à cavité résonnante  
 Lock-Alarm — Alarme de désynchronisation  
 Ca. 100-MHz-Referenz-Oszillator — Oszillateur de référence, environ 100 MHz

### 6.5 L'ensemble de transposition d'émission L'ensemble de transposition pour porteuses modulées en fréquence

Le signal moyenne fréquence corrigé de 70 MHz dont l'excursion en fréquence et la largeur de bande varient suivant la capacité de la porteuse est transposé au niveau 6 GHz par un étage mélangeur-multiplicateur à bande assez large. La largeur de bande comporte 40 MHz et suffit à toutes les capacités de voies existantes. Le mélangeur-multiplicateur doit répondre à diverses valeurs imposées sévères, vu que les amplificateurs d'émission à large bande qui suivent sont dépourvus d'éléments sélectifs, ce qui pourrait se traduire par l'émission de composantes indésirables, ou, ce qui serait encore plus grave, introduire des perturbations à l'entrée de l'ensemble de réception à 4 GHz.

Les valeurs suivantes doivent être respectées:

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| Stabilité de fréquence à 6 GHz  | ± 35 kHz par mois               |
| Linéarité par rapport à ± 18 MHz  | ± 0,2 dB                        |
| Composantes indésirables, mesurées dans un bloc d'information de 4 kHz, |                                 |
| à 6 GHz   | 85 dB au moins                  |
| à 4 GHz   | 110 dB au moins                 |
| mesurées dans un bloc d'information de 5 MHz                            |                                 |
| à 6 GHz   | 65 dB au moins                  |
| Harmoniques   | 65 dB au moins                  |
| Composante de l'oscillateur local                                       | 85 dB au moins                  |
|   | au-dessous des porteuses utiles |
| Niveau de sortie à 6 GHz  | + 5 dBm                         |

A l'inverse des mélangeurs équipant des installations à faisceaux hertziens, on attache de l'importance à une grande souplesse d'exploitation lors des changements de fréquence, ce qui signifie que la fréquence des oscillateurs et des filtres doit pouvoir être facilement modifiée.

Le schéma de principe de la figure 33 montre que le changement de fréquence simple est utilisé à Loèche. Pour garantir la pureté spectrale, on synchronise l'oscillateur transistorisé à cavité résonnante à 1 GHz avec une fréquence de référence au quartz (Injection Phase-Lock). Vu que, en cas de transposition de fréquence simple, la fréquence de l'oscillateur n'est située que 70 MHz plus bas que la porteuse utile, la sortie du mélangeur est atténuée au moyen d'un filtre coupe-bande micro-ondes à flancs de courbe de réponse raides groupant cinq cellules.

Si la fréquence de la porteuse doit être modifiée, il y a lieu de réaccorder le quartz de l'oscillateur de référence, le circuit à cavité résonnante et les deux filtres micro-ondes. Les filtres possèdent des verniers micrométriques pouvant être réglés d'après des courbes d'étalonnage. Si le quartz approprié manque, l'oscillateur peut à la rigueur être exploité en régime libre; en pareil cas, la stabilité de fréquence, moins élevée, doit être compensée par un réglage journalier.

La méthode de synchronisation choisie (fig. 34) est fondée sur l'influence directe qu'exerce un oscillateur exploité à une fréquence nominale identique sur l'oscillateur travaillant en régime libre. Suivant le facteur de couplage choisi, l'oscillateur peut être plus ou moins fortement «entraîné» à l'écart de sa fréquence propre, étant entendu qu'il en résulte un déphasage dont l'importance varie suivant le désaccord voulu. Cela étant, l'adaptation de l'oscillateur de référence au circuit à cavité résonnante est faussée et de l'énergie réactive retourne à la source. Par l'intercalation



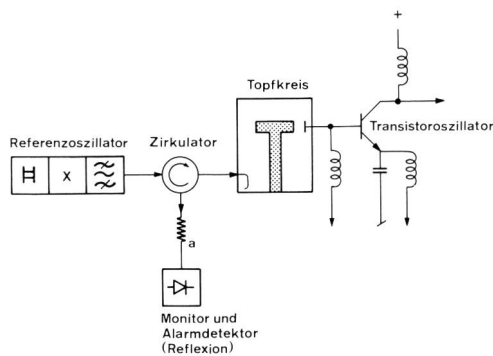


Fig. 34  
Prinzip der Synchronisation des Topfkreisoszillators mit der Referenzschwingung (Injection Locking) — Principe de la synchronisation de l'oscillateur à cavité résonnante avec l'oscillation de référence (Injection Locking)

Referenzoszillator — Oscillateur de référence  
Zirkulator — Circulateur  
Monitor und Alarmedetektor (Reflexion) — Moniteur et détecteur d'alarme (réflexion)  
Topfkreis — Cavité résonnante  
Transistoroszillator — Oscillateur à transistors

Quelle. Durch Einfügen eines Zirkulators in den Pfad der Referenzquelle kann die reflektierte Energie ausgekoppelt, gleichgerichtet und zur Anzeige der Verstimmung beziehungsweise Alarmgabe verwendet werden (Fig. 35).

Der Kopplungsgrad und somit der Ziehbereich stellt ein Kompromiss dar. Je enger die Kopplung ist, desto grösser und unkritischer wird der Ziehbereich, aber um so stärker schlagen die spektralen Unreinheiten der aus einer tiefen Quarzfrequenz und mehreren nachgeschalteten Vervielfacherstufen bestehenden Referenzquelle zum Ausgang durch. Ein Ziehbereich bis zum Abreißen von  $\pm 0,5\%$  der Nominalfrequenz dürfte das Optimum darstellen. Die inhärente Stabilität des freischwingenden Oszillators muss daher um einiges besser sein.

#### Der Umsetzer für SPADE

ist ähnlich aufgebaut wie jener für FM-Träger. Da es sich um Mehrträgerverstärkung handelt, wird Wert auf gutes Intermodulationsverhalten gelegt. Ferner sind sehr strenge Bedingungen betreffend Frequenzkonstanz einzuhalten, was einen Quarzoszillator in thermostatisch geregelter Umgebung bedingt. Seine Pflichtenheftwerte sind:

- Frequenzkonstanz des Oszillators:  
weniger als  $\pm 100$  Hz/Tag, weniger als  $\pm 200$  Hz/Monat.
- Intermodulationsprodukte:  
besser als 50 dB unterhalb Trägerpegel, in 4-kHz-Schlitz gemessen.

## 7. Die Empfangsausrüstung

### 7.1 Die Empfangsumsetzer

Der Empfangsumsetzer für FM-Träger (Fig. 36). Das vorverstärkte, mit 500 MHz Bandbreite ankommende 4-GHz-Satellitensignal wird im Empfangsumsetzer auf 70 MHz heruntertransponiert. Gleichzeitig wird eine Vorselektion auf 40 MHz Bandbreite, entsprechend der höchsten je vorkommenden RF-Kanalbandbreite von  $\pm 18$  MHz je Träger, vorgenommen. Dazu wird dasselbe abstimmbare 6-Kreis-Mikrowellenfilter wie im Aufwärtsmischer verwendet. Ebenfalls wird derselbe synchronisierte Topfkreisoszillator verwendet, dessen Ausgangsfrequenz von 1 GHz auf 4 GHz vervierfacht wird. Die einzuhaltenden Daten sind ähnlich wie beim Aufwärtsmischer. Ein Bandstopfilter für den Lokaloszillator ist jedoch nicht nötig.

d'un circulateur dans le circuit de la source de référence, il est possible de découpler l'énergie réfléchie, de la redresser et de l'utiliser pour l'affichage de l'état de désaccord ou pour le déclenchement d'une alarme (figure 35).

Le degré de couplage et, partant, la plage d'entraînement représentent un compromis. Plus le couplage est serré, moins la plage d'entraînement est restreinte et critique; en revanche, plus les oscillations spectrales parasites provenant d'une fréquence basse du quartz et de la source de référence consistant en plusieurs étages multiplicateurs série parviennent aisément à la sortie. On peut admettre qu'une plage d'entraînement de  $\pm 0,5\%$  de la fréquence nominale jusqu'au décrochage constitue l'optimum. La stabilité intrinsèque de l'oscillateur en régime libre doit être par conséquent d'un ordre supérieur.

### L'ensemble de transposition pour la porteuse SPADE

Cet ensemble ressemble à celui de la porteuse FM. S'agissant toutefois de l'amplification de plusieurs porteuses, on attache de l'importance à un bon comportement d'intermodulation. D'autre part, la stabilité en fréquence doit satisfaire à des exigences sévères, ce qui exige l'emploi d'un oscillateur à quartz en enceinte thermo-stabilisée. Les valeurs du cahier des charges sont:

- Stabilité en fréquence de l'oscillateur:  
déviations inférieures à  $\pm 100$  Hz par jour et  $\pm 200$  Hz par mois
- Produits d'intermodulation:  
meilleurs que 50 dB au-dessous du niveau de la porteuse, mesurés dans un bloc d'information de 4 kHz.

## 7. Les dispositifs de réception

### 7.1 Les ensembles de transposition de réception

L'ensemble de transposition de réception pour porteuses modulées en fréquence (fig. 36)

Le signal de satellite à 4 GHz préamplifié, arrivant avec une largeur de bande de 500 MHz, est transposé par division au niveau de 70 MHz dans l'ensemble de transposition de réception. Simultanément, on procède à une présélection à une largeur de bande de 40 MHz, qui correspond à la largeur de bande MF du canal de  $\pm 18$  MHz la plus élevée possible par porteuse. A cet effet, on utilise le même filtre micro-ondes réglable à 6 cellules que dans le mélangeur-multiplicateur. De même, il est fait usage de l'oscillateur à cavité résonnante précité dont la fréquence de sortie est multipliée de 1 GHz à 4 GHz. Les valeurs imposées sont les mêmes que pour le mélangeur-multiplicateur. Toutefois, il n'est pas nécessaire de recourir à un filtre coupe-bande pour l'oscillateur local.

### L'ensemble de transposition de réception pour porteuse SPADE

La réalisation de cet ensemble ressemble à celle du convertisseur pour porteuses FM, mais les exigences concernant la linéarité et la stabilité en fréquence sont encore plus élevées. A la place d'un détecteur de porteuse, on a placé un détecteur de bruit à la sortie, à des fins de surveillance.

### 7.2 Egaliseurs de distorsion d'amplitude et de temps de propagation de groupe

Des égaliseurs de distorsion d'amplitude et de temps de propagation de groupe sont également montés du côté réception, ce qui permet de corriger la courbe de réponse des chaînes de réception. L'égaliseur de distorsion de temps de propagation de groupe a la même structure que celui du



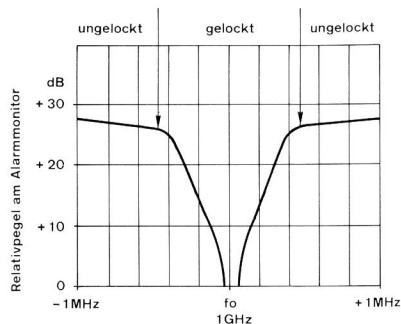


Fig. 35  
Verlaufdiagramm der reflektierten Energie am Punkt a — Courbe de l'énergie réfléchie au point a

Relativpegel am Alarmmonitor — Niveau relatif au moniteur d'alarme  
Ungelockt — Désynchronisé  
Gelockt — Synchronisé

**Der Empfangsumsetzer für SPADE.** Die Ausführung gleicht jener des Umsetzers für FM-Träger, wobei erhöhte Anforderungen an die Linearität und Frequenzkonstanz gestellt werden. Anstelle eines Trägerdetektors ist am Ausgang ein Geräuschdetektor für Überwachungszwecke vorhanden.

### 7.2 Die Amplituden- und Gruppenlaufzeitentzerrer

Auch auf der Empfangsseite werden Entzerrer zur Korrektur des Amplituden- und Gruppenlaufzeit-Frequenzganges der Empfangsketten eingesetzt. Der Gruppenlaufzeitentzerrer ist gleich aufgebaut wie auf der Sendeseite, während der einfachere Amplitudenentzerrer nur lineare Komponenten korrigieren kann.

### 7.3 Die Zwischenfrequenzfilter

Das vom Empfangsumsetzer kommende Signal hat eine Bandbreite von 36 MHz, unabhängig von der zu empfangenden Kanalkapazität. Mit Hilfe von Filtern in der 70-MHz-ZF-Ebene wird die Bandbreite jener des gewünschten Empfangssignal angepasst, um für die Demodulation des frequenzmodulierten 70-MHz-Trägers optimale Verhältnisse zu erhalten. Aus Kompatibilitätsgründen wird von diesem Prinzip leicht abgewichen, indem auf der Empfangsseite dieselben Filtertypen wie auf der Sendeseite verwendet werden.

### 7.4 Die FM-Demodulatoren

Der Träger/Geräusch-Abstand am Eingang der Demodulatoren beträgt im Intelsat-IV-System für kleine Kanalzahlen 12...14 dB, was etwa der FM-Schwelle eines konventionellen Begrenzer/Diskriminator-Demodulators entspricht. Deshalb werden für Trägerkapazitäten bis zu 252 Telefoniekanäle sogenannte schwellwertverbessernde und über dieser Kanalzahl konventionelle Demodulatoren eingesetzt.

**Der konventionelle FM-Demodulator (Fig. 37).** Der ZF-Verstärker am Eingang ist automatisch pegelreguliert (automatic gain controlled), um Pegelschwankungen von  $\pm 5$  dB auszugleichen. Der eigentliche Demodulator arbeitet auf einer Frequenz von 180 MHz, um den hohen Linearitätsanforderungen zu genügen. Dank der ausgezeichneten Linearität von 1% über  $\pm 15$  MHz ist der Beitrag des Demodulators zum Intermodulationsgeräusch bei CCIR-Beastung bis 1872 Telefoniekanäle kleiner als 130 pWOp.

**Der schwellwertverbessernde Demodulator.** Durch Gegenkopplungsmassnahmen wird erreicht, dass beim Demodulationsvorgang der Einfluss des Trägerrauschens minimalisiert wird: Bei der Hubgegenkopplung wird das FM-

côté émission, alors que l'égaliseur de distorsion d'amplitude, plus simple, ne peut corriger que des composantes linéaires.

### 7.3 Les filtres moyenne fréquence

Indépendamment de la capacité de voies à recevoir, le signal venant de l'ensemble de transposition de réception a une largeur de bande de 36 MHz. A l'aide de filtres situés au niveau de la MF à 70 MHz, on adapte la largeur de bande à celle du signal de réception désiré, pour créer des conditions de démodulation optimales de la porteuse de 70 MHz modulée en fréquence. Pour des raisons de compatibilité, on s'est écarté légèrement de ce principe, en utilisant les mêmes filtres du côté émission que du côté réception.

### 7.4 Les démodulateurs FM

L'écart signal/bruit à l'entrée des démodulateurs est de 12...14 dB dans le système Intelsat IV, pour un faible nombre de voies, ce qui correspond à peu près au seuil FM d'un limiteur/discriminateur-démodulateur conventionnel. Pour cette raison, on utilise des dispositifs dits «démodulateurs améliorant la valeur de seuil» pour des capacités de porteuse allant jusqu'à 252 voies téléphoniques et des démodulateurs conventionnels, si le nombre de voies est supérieur.

#### Le démodulateur FM conventionnel (figure 37)

Le niveau de l'amplificateur FM d'entrée est réglé automatiquement, ce qui évite les fluctuations de niveau de  $\pm 5$  dB. Le démodulateur proprement dit travaille à une fréquence de 180 MHz, en vue de satisfaire aux hautes exigences de linéarité. Grâce à l'excellente linéarité de 1% au-dessus de  $\pm 15$  MHz, la composante du démodulateur afférente au bruit d'intermodulation à une charge CCIR allant jusqu'à 1872 voies téléphoniques est plus faible que 130 pWOp.

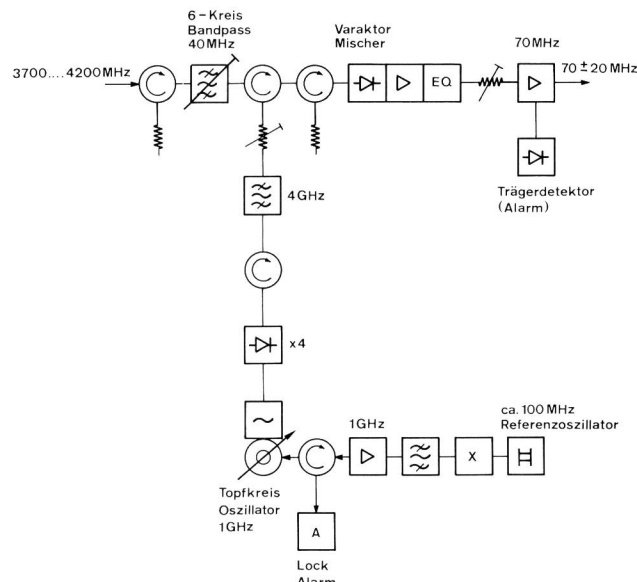


Fig. 36  
Blockschema des Empfangsumsetzers für FM-Träger 4 GHz  $\rightarrow$  70 MHz — Schéma bloc du translateur de fréquence pour porteuse FM 4 GHz  $\rightarrow$  70 MHz

6-Kreis-Bandpass 40 MHz — Filtre passe-bande à 6 cellules, 40 MHz  
Mischer-Varaktor — Mélangeur varactor  
Trägerdetektor (Alarm) — Détecteur de porteuse (alarme)  
Topfkreisoszillator — Oscillateur à cavité résonnante  
Ca. 100-MHz-Referenzoszillator — Oscillateur de référence, environ 100 MHz  
Look-Alarm — Alarme de désynchronisation  
EQ Entzerrer — Egaliseur

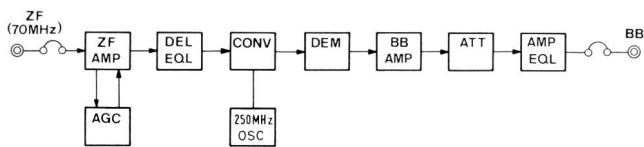


Fig. 37  
 Blockschema des konventionellen FM-Demodulators — Schéma bloc du démodulateur FM conventionnel

|         |   |
|---------|---|
| ZF      | Zwischenfrequenz — Fréquence intermédiaire                                |
| BB      | Basisband — Bande de base   |
| ZF AMP  | Zwischenfrequenzverstärker — Amplificateur de fréquence intermédiaire     |
| AGC     | Automatische Verstärkungskontrolle — Contrôle automatique d'amplification |
| DEL EQL | Gruppenlaufzeitentzerrer — Egaliseur de temps de propagation de groupe    |
| CONV    | Mischer (70 MHz/180 MHz) — Mélangeur 70 MHz/180 MHz                       |
| OSC     | Oszillator — Oscillateur  |
| DEM     | Demodulatoreinheit — Unité de démodulation                                |
| BB AMP  | Basisbandverstärker — Amplificateur de bande de base                      |
| ATT     | Dämpfungsglieder für Pegelanpassung — Atténuateur d'adaptation de niveau  |
| AMP EQL | Amplitudentzerrer — Egaliseur d'amplitude                                 |

Eingangssignal mit kleiner Amplitude und grossem Modulationsindex in ein Signal mit grosser Amplitude und kleinem Modulationsindex umgeformt, wodurch eine kleinere Bandbreite bei der Demodulation benötigt und somit der Einfluss des Breitbandrauschens am Demodulatoreingang verkleinert wird. Bei der Phasengegenkopplung wird dem Eingangssignal ein Hilfsträger mit einer momentanen Phasendifferenz von  $90^\circ$  zugeführt und das so entstandene Mischsignal amplitudendemoduliert. Bei genügend grosser Hilfsamplitude kann auf diese Weise der Einfluss des Eingangsrauschens auf den Demodulationsvorgang verkleinert werden.

Figur 38 zeigt das Prinzipschaltbild eines kombinierten Demodulators mit Hub- und Phasengegenkopplung, wie es in der Schweizer Bodenstation zur Anwendung kommt. Mit dieser Schaltung liegt die Schwelle des Demodulators bei einem Trägergeräuschverhältnis von etwa 7 dB. Trotz der Gegenkopplungsschleifen kann der Beitrag zum Intermodulationsgeräusch im Telefoniekanal bei CCIR-Belastung für Kanalzahlen bis 252 Telefoniekanäle unterhalb 100 pWOp gehalten werden.

### 7.5 Die Empfangsbasisbandverteileinheit

Diese Einheit stellt das Bindeglied zwischen Demodulator und Trägerfrequenzausrüstung dar und dient zur Pegel- und Frequenzbandanpassung, Geräusch- und Pilotpegelüberwachung. Die letzteren zwei liefern die Kriterien zur Umschaltung der vollredundanten Einzelträgerempfangsketten bei Geräuschanstieg im Messkanal oder Pilotpegelabfall des 60-kHz-Systempilots. In Figur 39 ist das Blockschema einer vollredundanten Basisbandverteileinheit dargestellt.

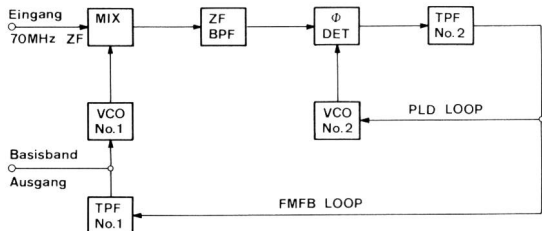


Fig. 38  
 Funktionelles Blockschema des schwellwertverbessernden Demodulators — Schéma de principe du démodulateur améliorant la valeur de seuil

|                   |   |
|-------------------|---|
| Eingang 70 MHz ZF | — Entrée MF 70 MHz  |
| Basisbandausgang  | — Sortie bande de base  |
| MIX               | Mischer — Mélangeur   |
| VCO               | Voltage Controlled Oscillator — Spannungsregulierter Oszillator — Oszillator reguliert par tension        |
| TPF               | Tiefpassfilter — Filtre passe-bas   |
| Phase Det         | Phasendetektor — Détecteur de phase   |
| FMFB Loop         | Frequency Modulation Feed Back Loop — Hubgegenkopplungsschleife — Circuit de contre-réaction de fréquence |
| PLD Loop          | Phase Lock Detection Loop — Phasengegengekoppelte Detektorschleife — Circuit de contre-réaction de phase  |

### Le démodulateur améliorant la valeur de seuil

Grâce à des circuits de contre-réaction, il est possible de minimaliser le souffle de porteuse lors du processus de démodulation. Dans la contre-réaction d'excursion, le signal d'entrée à faible amplitude et grand indice de modulation est transformé en un signal à forte amplitude et petit indice de modulation, ce qui permet de démoduler avec une plus faible largeur de bande et diminue en conséquence l'influence du souffle de large bande à l'entrée du démodulateur. Dans la contre-réaction de phase, on injecte sur le signal d'entrée une porteuse auxiliaire ayant un déphasage momentané de  $90^\circ$ , puis on module en amplitude le signal composé obtenu. Lorsque l'amplitude du signal auxiliaire est suffisante, l'influence du souffle d'entrée sur le processus de démodulation peut être diminuée.

La figure 38 montre le schéma de principe d'un démodulateur combiné à contre-réaction d'excursion et de phase, tel qu'il est utilisé dans la station terrienne suisse de Loèche. A l'aide de ce montage, le seuil du démodulateur est fixé à un rapport porteuse/bruit d'environ 7 dB. Malgré les boucles de contre-réaction, il est possible de maintenir au-dessous de 100 pWOp la composante de bruit d'intermodulation dans la voie téléphonique, lors d'une charge CCIR allant jusqu'à 252 voies téléphoniques.

### 7.5 L'unité de répartition de bande de base de réception

Cet équipement est le maillon reliant le démodulateur et l'équipement de fréquences porteuses et servant à adapter les niveaux et les bandes de fréquences ainsi qu'à surveiller le bruit et le niveau du pilote. Ces deux dernières valeurs constituent les critères de commutation des chaînes de réception pour porteuses uniques entièrement redondantes, lorsque le bruit augmente dans le canal de mesure ou que le niveau du pilote à 60 kHz fléchit. La figure 39 représente un schéma de principe d'une unité de répartition de bande de base entièrement redondante.

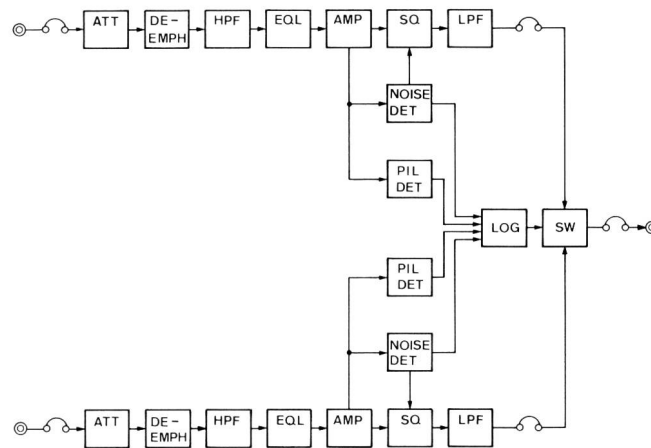


Fig. 39  
 Blockschema der Empfangs-Basisbandverteileinheit (voll redundant) — Schéma bloc de l'unité de répartition de bande de base d'émission (entièrement redondante)

|           |  |
|-----------|--|
| ATT       | Dämpfungsglieder für Pegelanpassung — Atténuateurs pour adaptation du niveau |
| DEEMPH    | Deemphasis — Désaccentuation   |
| HPF       | Hochpassfilter — Filtre passe-haut   |
| EQL       | Amplitudentzerrer — Egaliseur d'amplitude                                    |
| AMP       | Verstärker — Amplificateur   |
| SQ        | (Squelch) Stimmschaltung — Suppresseur de bruit                              |
| LPF       | Tiefpassfilter — Filtre passe-bas  |
| NOISE DET | Geräuschüberwachung — Contrôle du bruit                                      |
| PIL DET   | Pilot-Detektor — Détecteur de pilote   |
| LOG       | Logik — Logique  |
| SW        | Umschalter (automatisch oder manuell) — Commutateur (automatique ou manuel)  |