

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

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 33 (1955)

Heft: 9

Artikel: Trägerfrequenzsysteme für koaxiale Kabel = Systèmes à courants porteurs sur paires coaxiales

Autor: Bauer, Jakob / Valloton, Jean

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-874244>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 30.04.2026

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

TECHNISCHE MITTEILUNGEN

BULLETIN TECHNIQUE

PTT

BOLLETTINO TECNICO

Herausgegeben von der Schweizerischen Post-, Telegraphen- und Telephonverwaltung. Publié par l'administration des postes, télégraphes et téléphones suisses. Pubblicata dall'amministrazione delle poste, dei telegrafi e dei telefoni svizzeri

Trägerfrequenzsysteme für koaxiale Kabel*

Von Jakob Bauer und Jean Valloton, Bern

Systèmes à courants porteurs sur paires coaxiales*

Par Jakob Bauer et Jean Valloton, Berne

621.315.212.4:621.39

Zusammenfassung. Im vorliegenden Artikel behandeln die Verfasser die wesentlichen Bauelemente, die für den Betrieb von Vielkanalsystemen (960 Kanäle im Frequenzbereiche von 60 bis 4028 kHz) über koaxiale Kabel nötig sind. Im ersten Teil werden die koaxialen Kabel und die dazugehörigen Zwischenverstärker, im zweiten die für die Frequenzverschiebung der Kanäle benötigten Endausrüstungen beschrieben. Nacheinander folgen die Kanal-, die Primärgruppen- und die Sekundärgruppen-Modulation. Den Schluss bilden Betrachtungen über die Durchschalte- und Überwachungseinrichtungen sowie die Trägerversorgung.

Résumé. Les auteurs traitent des éléments essentiels utilisés dans un système de téléphonie multiple à courants porteurs sur paires coaxiales en câbles (960 voies téléphoniques dans la bande de 60 à 4028 kHz). Ils décrivent premièrement les câbles coaxiaux et les amplificateurs intermédiaires, et ensuite les équipements nécessaires pour les modulations de voies, de groupes primaires et de groupes secondaires. L'article prend fin par quelques commentaires sur les équipements de transfert et de surveillance, ainsi que sur l'alimentation en courants porteurs.

1. Einleitung

Durch die Einführung der koaxialen Kabel wurde in der Schweiz eine neue Phase der Trägerfrequenztechnik eingeleitet. Sie ist gekennzeichnet durch den Übergang zu immer höheren Frequenzen. Betrug die höchste Arbeitsfrequenz bei den bisher üblichen symmetrischen Trägerkabeln 252 kHz, so erlauben moderne koaxiale Kabel die wirtschaftliche Ausnutzung des Frequenzbandes zwischen 60 und 4028 kHz oder sogar des Bandes zwischen 308 und 8284 kHz. Im ersten Falle sind 960-, im zweiten 1860-Kanal-Systeme möglich. Koaxiale Kabel werden indessen heute nicht mehr ausschliesslich für die Übertragung gewöhnlicher Telephoniekanäle herangezogen, sondern auch mit Erfolg dem Austausch von Fernsehprogrammen dienstbar gemacht. Damit treten sie in unserem Lande in Konkurrenz zu den Richtstrahlverbindungen, die allein fähig waren, so breite Frequenzbänder zu übertragen, wie sie Fernsehsignale benötigen.

Es liegt in der Natur der Entwicklung des Fernsehens in den verschiedenen Ländern, dass es bis

* Erweiterter und ins Französische übertragener Nachdruck aus den «Hasler-Mitteilungen» 1954, Nr. 1 und 3.

1. Introduction

Par l'introduction des câbles coaxiaux, la technique des systèmes à courants porteurs est entrée en Suisse dans une nouvelle phase. Elle est caractérisée par l'emploi de fréquences toujours plus élevées. Si la fréquence la plus haute normalement utilisée sur les câbles à paires symétriques peut s'élever jusqu'à 252 kHz, les paires coaxiales normalisées par le CCIF permettent de transmettre une bande de fréquences de 60 à 4028 kHz ou même de 564 à 8284 kHz. Dans le premier cas, il est possible de transmettre 960 voies téléphoniques, alors que dans le second l'on peut en établir 1860. Les câbles coaxiaux ne servent pas seulement, de nos jours, à l'établissement de communications téléphoniques, mais aussi à l'échange des programmes de télévision. Ils peuvent donc, dans notre pays, concurrencer les faisceaux hertziens qui seuls étaient capables de transmettre les larges bandes de fréquences nécessaires aux signaux de télévision.

C'est dans la nature même du développement de la télévision dans les différents pays qu'il faut chercher la raison pour laquelle il a été si difficile, jus-

* Extension et traduction française d'un article des «Hasler-Mitteilungen» 1954, N° 1 et 3.

heute nicht möglich war, international gültige elektrische Normen für die Übertragung eines Fernsehbildes festzulegen, Normen, wie sie in der Telephonie selbstverständlich sind. Aus diesem Grunde konnten bis heute auch die Eigenschaften der notwendigen Übertragungssysteme nicht endgültig normalisiert werden, trotz den grössten Anstrengungen des CCIF (Comité consultatif international téléphonique). Bei der Ausnutzung koaxialer Kabel durch Telephonie allein hingegen war es erfolgreicher; seine diesbezüglichen Empfehlungen sind festgelegt und international anerkannt¹. Sie lauten kurz zusammengefasst: über zwei koaxiale Tuben mit 9,52 mm innerem Durchmesser des äusseren Leiters und 2,64 mm Durchmesser des inneren Leiters sollen im Bereiche 60 bis 4028 kHz 960 Gegensprechkanäle, nach dem Vierdrahtprinzip arbeitend, übertragen werden. Innerhalb des angegebenen Frequenzbandes sind die einzelnen Kanäle in Sekundärgruppen zusammengefasst und diese gemäss Figur 1 auf der Frequenzskala angeordnet.

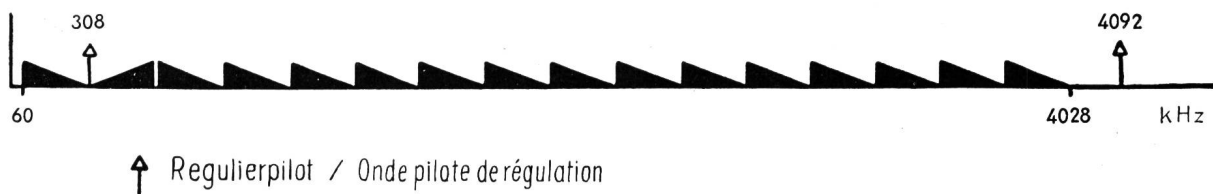


Fig. 1. Anordnung der Sekundärgruppen innerhalb der Hauptgruppe
Disposition des groupes secondaires dans le spectre du groupe principal

Nachdem die Eigenschaften der einzelnen Kanäle bekannt sind, ist es grundsätzlich einfach, auf Grund dieser Empfehlungen Systeme zu bauen, die im internationalen Verkehr eingesetzt werden können.

Bei der Übertragung von Fernsehsignalen treten Schwierigkeiten auf, welche bei der Übertragung von Sprachsignalen allein unbekannt sind. Genügt es im letzteren Falle, das Frequenzband zwischen 300 und 3400 Hz effektiv zu übertragen, so umfasst das in der Schweiz normalisierte Videosignal Frequenzen zwischen einigen Hz und etwa 5,5 MHz. Deshalb kann die Übermittlung nicht mehr nach dem bewährten Einseitenbandverfahren vorgenommen werden, denn es ist nicht möglich, die zur unumgänglich notwendigen Frequenzverschiebung benötigten Filter zu bauen, die in einem beliebig kleinen Frequenzintervall einen endlichen Anstieg der Betriebsdämpfung gestatten. Am einfachsten wäre es deshalb, das Videosignal in seiner ursprünglichen Frequenzlage zu übertragen. Dies ist aber aus Gründen des Verstärkerbaues unzulässig. Auch eine Zweiseitenbandmodulation muss ausgeschlossen werden, weil in diesem Falle der doppelte Frequenzumfang, den das gegebene Signal besitzt, durch das Übertragungssystem zur Verfügung gestellt werden müsste und dies aus wirtschaftlichen Gründen untragbar wäre. Es bleibt deshalb nur das Verfahren mit reduziertem Seitenband.

qu'ici, de fixer des normes électriques pour la transmission des images de télévision reconnues sur le plan international. Il n'a donc pas encore été possible de normaliser les systèmes de transmission à utiliser, malgré les plus grands efforts du Comité consultatif international téléphonique (CCIF). Par contre, un meilleur résultat a été obtenu dans l'utilisation des paires coaxiales pour la téléphonie; les normes recommandées par le CCIF sont reconnues sur le plan international.¹

On peut les résumer ainsi: 960 voies téléphoniques du type à 4 fils sont transmises dans la bande de 60 à 4028 kHz, sur deux paires coaxiales composées chacune d'un conducteur intérieur de 2,64 mm de diamètre et d'un conducteur extérieur d'un diamètre intérieur de 9,52 mm.

Dans l'intervalle de fréquences donné, les voies téléphoniques sont assemblées dans les groupes secondaires disposés dans le spectre des fréquences comme le montre la figure 1.

Dès que les caractéristiques des voies individuelles sont connues, il est simple, en principe, de construire un système basé sur ces recommandations, apte à être introduit dans le trafic international.

La transmission de signaux de télévision présente certaines difficultés inconnues dans la transmission de signaux vocaux. S'il suffit, pour ces derniers, de transmettre effectivement une bande de fréquences de 300 à 3400 Hz, les signaux vidéo requièrent par contre une bande de fréquences s'étendant de quelques périodes à 5,5 millions de périodes par seconde. Il n'est pas question d'appliquer ici le principe de la modulation avec suppression d'une bande latérale, car il est impossible de construire les filtres nécessaires à la transposition en fréquences des signaux, dont l'augmentation d'affaiblissement en dehors de la bande passante soit suffisante pour le petit intervalle de fréquences donné. Le plus simple serait de transmettre les signaux vidéo dans leur gamme de fréquences primitive, mais ceci est impossible pour des raisons de construction des amplificateurs.

La transmission des deux bandes latérales ne peut pas non plus être prise en considération, car ce procédé demande, du système de transmission, une bande passante deux fois plus large que celle du signal donné; il doit par conséquent être écarté pour des raisons économiques. Il ne reste donc plus que le

¹ CCIF, tome IIIbis; Transmission sur les lignes.

¹ CCIF, tome IIIbis; Transmission sur les lignes.

Die Figur 2 zeigt eine mögliche Anordnung des als dann benötigten Frequenzbandes.

Im Gegensatz zu Sprachsignalen sind Fernsehsignale sehr empfindlich auf Laufzeiteffekte. Provisorisch wird angenommen, dass allfällige Gruppenlaufzeitverzerrungen kleiner als $0,1 \mu\text{s}$ sein sollen.

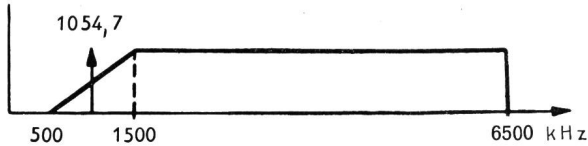


Fig. 2. Anordnung des Frequenzbandes beim Verfahren mit reduziertem Seitenband

Disposition de la bande de fréquences dans le cas de modulation avec bande latérale résiduelle

Bei einer verstärkten koaxialen Leitung treten die maximalen Verzerrungen bei tiefen Frequenzen auf und erreichen Werte, die nicht mehr korrigiert werden können, weil sonst die absolute Laufzeit der Signale zu gross würde. Diese Tatsache bedingt die Wahl von 500 kHz als unterste übertragbare Frequenz. Die europäischen Fernschnormen, 625 Zeilen und 25 Bildwechsel, liefern, wie bereits erwähnt, ein Videosignal im Bereiche von 0...5500 kHz. Nach dem gezeichneten Verfahren ergibt sich damit als oberste auf der Leitung zu übertragende Frequenz 6500 kHz. Leitungen, die also nach den Empfehlungen des CCIF bis 4000 kHz entzerrt sind, können für Fernseh Zwecke nicht befriedigen. Es werden Verstärker mit breiteren Bändern benötigt.

Die Entwicklung solcher Verstärker ist im Gange und steht vor dem Abschluss.

Nach diesem kurzen Überblick über die Möglichkeiten, die koaxiale Kabel bieten, sollen im folgenden die Verstärker für die koaxialen Kabel Bern-französische Grenze und Zürich-Lugano sowie die Endausrüstungen Bern, Neuenburg, St. Gallen und Lugano beschrieben werden, die von der Firma Hasler AG. der schweizerischen PTT-Verwaltung geliefert wurden.

2. Leitung und Verstärker

A. Leitung

Wie alle Trägerfrequenzsysteme, so bestehen auch jene für koaxiale Kabel aus zwei Teilen, den Übertragungseinrichtungen und den Endausrüstungen. Die Übertragungseinrichtungen sind dabei die charakteristischeren und sollen deshalb zuerst beschrieben werden.

Für ein gegebenes Kabel und ein gegebenes Frequenzband, im betrachteten Falle also 60...4100 kHz, bedingen die Zwischenverstärker weitgehend die technischen und auch wirtschaftlichen Eigenschaften des ganzen Systems. Beim Kabel ist vor allem die kilometrische Wellendämpfung interessant. Sie verläuft in Funktion der Frequenz nach Figur 3. Der Wellenwiderstand beträgt 75Ω .

procédé de modulation avec bande latérale résiduelle, tel que le représente la figure 2.

Les signaux de télévision sont, à l'inverse des signaux vocaux, très sensibles aux distorsions de phase. Quant aux distorsions du temps de propagation de groupe, elles ont été admises provisoirement avec une valeur inférieure à $0,1 \mu\text{s}$.

Les distorsions affectant une liaison sur paires coaxiales munies d'amplificateurs atteignent leur maximum pour les fréquences les plus basses. Elles prennent une telle ampleur qu'il n'est plus possible de les corriger sans augmenter exagérément le temps de propagation absolu des signaux; c'est ce qui explique le choix de 500 kHz comme fréquence minimum transmise. Les normes européennes de 625 lignes d'exploration et 25 images fournissent, comme il a été dit plus haut, un signal vidéo dans la bande de 0-5500 kHz. D'après le procédé illustré par la figure 2, la fréquence supérieure transmise en ligne sera d'environ 6500 kHz. Les lignes égalisées selon les recommandations du CCIF jusqu'à 4000 kHz ne peuvent donc pas donner entière satisfaction pour les besoins de la télévision. Des amplificateurs à plus large bande passante seront donc nécessaires. Des prototypes sont en cours de construction et seront essayés pratiquement sous peu.

Après ce bref aperçu des possibilités offertes par le câble coaxial, nous allons décrire les amplificateurs pour les câbles coaxiaux Berne-frontière française et Lugano-Zürich, ainsi que les équipements terminaux des stations de Berne, Neuchâtel, St-Gall et Lugano qui ont été livrés par la maison *Hasler S.A.* à l'administration suisse des PTT.

2. Lignes et amplificateurs

a) Lignes

Comme tous les systèmes à courants porteurs, les systèmes sur paires coaxiales comprennent deux parties distinctes: les équipements de lignes et les équipements terminaux. Les équipements de lignes étant les plus caractéristiques de la liaison, nous les décrirons en premier.

Pour un câble donné et une certaine bande de fréquences à transmettre, dans notre cas 60 à 4100 kHz, les caractéristiques techniques et aussi économiques

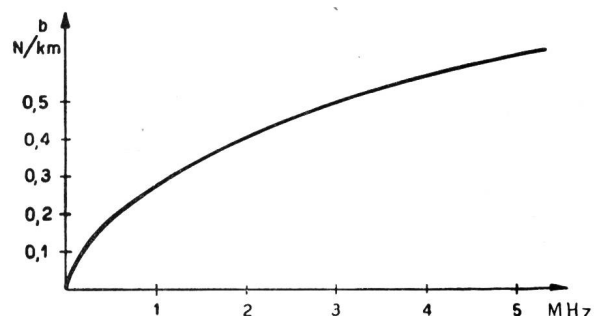


Fig. 3. Kilometrische Wellendämpfung in Funktion der Frequenz beim koaxialen Kabel

Constante d'affaiblissement d'une paire coaxiale en fonction de la fréquence

Der Wellendämpfungsbelag ist also für tiefe Frequenzen recht klein, steigt aber mit wachsender Frequenz stark an. Alle 9 km müssen deshalb geeignete Linienverstärker in den Zug der Leitung geschaltet werden. Dieser Verstärkerabstand wird einerseits bestimmt durch den minimal zulässigen relativen Pegel am Eingang jedes Verstärkers und andererseits durch die maximale Leistung, welche er abgeben kann.

Der minimale Eingangspegel wird durch die zulässige psophometrische Geräuschspannung am Ende jedes Kanals festgelegt. Nach den Empfehlungen des CCIF soll am fernen Ende des Bezugssystems für koaxiale Kabel die maximal zulässige Geräuschleistung – gemessen am Orte des relativen Pegels 0 N – den Wert von 10 000 pW nur in 1 % der Zeit überschreiten. Dabei können 7500 pW durch das Übertragungssystem und 2500 pW durch die End- und Durchschalteinrichtungen verursacht werden.

Das Bezugssystem des CCIF erstreckt sich über 2500 km und enthält 36 Modulations- und Demodulationsstufen.

Je Kilometer Kabelleitung werden demnach 3 pW Geräuschleistung toleriert, also 27 pW je Verstärkerfeld. Diese 27 pW umfassen nun aber nicht bloss das eigentliche Wärmerauschen des Eingangskreises des Verstärkers, sondern auch Geräusche, die durch Kreuzmodulationseffekte in den Verstärkern bei voll belastetem System entstehen können. Der absolute Leistungspegel des Wärmerauschens am Eingang eines Verstärkers, integriert über die Frequenzbandbreite eines Kanals, beträgt $-15,3$ N. Damit kann der minimale Eingangspegel berechnet werden. Im Gegensatz zu den bisher üblichen Methoden sind die Linienverstärker weder am Eingang noch am Ausgang an die Leitung angepasst. Dadurch gewinnt man an Betriebsverstärkung und Leistung. Der minimale Eingangsspannungspegel bei 4100 kHz wurde mit $-7,05$ N auf der primären und $-4,8$ N konstant über den ganzen Frequenzbereich auf der sekundären Seite des Eingangsübertragers festgelegt. Damit ergibt sich am Ende eines Kanals des Bezugssystems eine Geräuschleistung, verursacht durch das Wärme- und das Röhrenrauschen allein, von 2000 pW bei 60 kHz und von 3750 pW bei 4000 kHz. Die Fig. 4 veranschaulicht diese Verhältnisse.

Man erkennt, dass ein grosser Teil des zulässigen Geräusches durch Nichtlinearitäten innerhalb der Verstärker erzeugt werden darf.

Die maximal verfügbare Leistung am Ausgang der Verstärker beträgt $+2,6$ N. Am gleichen Orte beträgt der relative Kanalpegel höchstens $-1,15$ N. Dieser Wert wird bei 4000 kHz erreicht; bei 60 kHz beträgt er $-1,60$ N. Die Leistungsreserve beträgt somit 3,65 N zur Bewältigung der grössten, praktisch auftretenden Belastung. Die Werte der verschiedenen Pegel hängen eng mit dem gewählten Entzerrungssystem zusammen, das später beschrieben werden soll.

de tout le système dépendent en premier lieu des amplificateurs intermédiaires. L'affaiblissement kilométrique est la caractéristique la plus intéressante du câble. Il est indiqué en fonction de la fréquence sur la figure 3. L'impédance caractéristique est de 75 ohms.

La constante d'affaiblissement est donc relativement faible pour les basses fréquences, mais elle augmente proportionnellement à la racine carrée de la fréquence. Il faut donc insérer des amplificateurs adéquats sur la paire coaxiale, tous les 9 km environ. L'espacement des amplificateurs est limité d'une part par le niveau relatif minimum admissible à l'entrée d'un amplificateur et d'autre part par la puissance maximum que celui-ci peut débiter sur la ligne.

Le niveau minimum à l'entrée de l'amplificateur est déterminé par la valeur de la tension psophométrique admise à la sortie de la voie téléphonique. D'après les recommandations du CCIF, la puissance psophométrique maximum admissible à l'extrémité du circuit fictif de référence sur paires coaxiales ne devrait pas dépasser, pendant plus de 1 % du temps, la valeur de 10 000 picowatts en un point de niveau relatif zéro.

Il a été admis que 7500 pW peuvent provenir de la ligne et 2500 pW des équipements de modulation. Le «circuit fictif de référence sur paires coaxiales» établi par le CCIF a une longueur de 2500 km et comprend 36 étages de modulation et de démodulation.

Il en résulte que l'on tolère 3 pW par km de ligne, ou 27 pW par section d'amplification. Ces 27 pW comprennent non seulement le bruit d'agitation thermique du circuit d'entrée de l'amplificateur, mais aussi les bruits produits par l'intermodulation dans les amplificateurs, en cas d'occupation d'un grand nombre de voies. Le niveau absolu de puissance d'agitation thermique à l'entrée de l'amplificateur, intégré pour la bande de fréquences d'une voie, est de $-15,3$ N. Il est possible alors de fixer le niveau minimum d'entrée. Contrairement aux méthodes usuelles, les amplificateurs ne sont adaptés ni à l'entrée ni à la sortie. On gagne de cette façon sur le gain et sur la puissance. Le niveau d'entrée minimum au primaire du transformateur d'entrée a été fixé à $-7,05$ N (fréquence 4100 kc/s) et au secondaire à $-4,8$ N pour toute la bande de fréquences transmises. Il en résulte, à l'extrémité d'une voie du circuit fictif de référence, une puissance psophométrique de 2000 pW pour 60 kHz et de 3750 pW pour 4100 kHz due seulement à l'agitation thermique et à l'effet de souffle des tubes. La figure 4 montre cette répartition.

On voit que la majeure partie des bruits admissibles peut être attribuée à la non-linéarité des répéteurs.

La puissance absolue maximum à disposition à la sortie des amplificateurs est de $+2,6$ N. Au même point, le niveau relatif d'une voie est au maximum de $-1,15$ N. Cette valeur est atteinte vers 4000 kHz

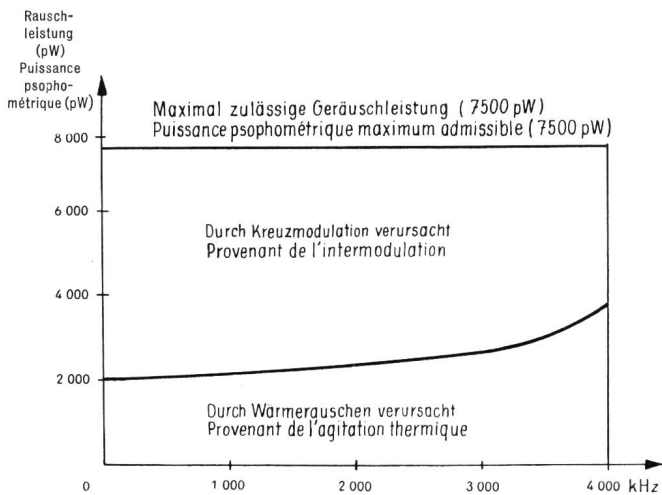


Fig. 4. Geräuschleistung am Ende eines Kanals des CCIF-Bezugssystems
Puissance psophométrique à l'extrémité d'une voie du circuit fictif de référence du CCIF

Koaxiale Systeme werden vierdrähtig geschaltet. Trotz den grossen Pegeldifferenzen, die dadurch zwischen Signalen gleicher Frequenz am Anfang und am Ende eines Verstärkerfeldes auftreten können, ist es möglich, die verschiedenen Übertragungsrichtungen zugeordneten koaxialen Röhren innerhalb ein und desselben Kabels anzuordnen, dank hervorragender Nebensprecheigenschaften der Leiter.

B. Verstärker

Bei der Dimensionierung und beim Bau der Leitungsverstärker steht die Betriebssicherheit im Vordergrund. Da sie je nach der Länge der angestrebten Verbindungen in bescheidener oder recht grosser Zahl, für das Bezugssystem etwa 280, eingesetzt werden und dabei 960 Kanäle gleichzeitig übertragen müssen, ist es ausserordentlich wichtig, die Verstärker so betriebssicher als möglich zu bauen.

Die unsichersten Elemente innerhalb der ganzen Schaltung sind heute sicher noch die Elektronenröhren, besonders deshalb, weil sie grosse Steilheiten aufweisen und sehr kapazitätsarm gebaut sein müssen, damit der nötige Verstärkungsgrad über das ganze Band erreicht wird.

Um maximale Betriebssicherheit eines ganzen koaxialen Systems zu erreichen, wäre es denkbar, Reserveleitungen zur Verfügung zu haben, ganz analog den heute auf symmetrischen Kabeln üblichen Verhältnissen. Der Unterschied liegt aber darin, dass im letzteren Falle 24 Paare, im ersteren dagegen bei dem in Europa üblichen Kabeltyp bloss 2 Tuben pro Richtung zur Verfügung stehen. Einer Reserve von zirka 4% stände eine solche von 50% gegenüber; wirtschaftlich ist dies nicht interessant, dies um so weniger, als das zweite Übertragungssystem allgemein andern Zwecken dient, z. B. der Fernsehübertragung.

Werden dagegen die Kabel mit mehr Röhren ausgerüstet, z. B. mit acht, wie das in den Vereinigten Staaten von Amerika üblich ist, so lässt sich die

alors qu'elle est de $-1,60$ N à 60 kHz. La marge est donc au moins de 3,75 N et elle permet la transmission des plus fortes charges entrant pratiquement en ligne de compte. Les valeurs des différents niveaux dépendent étroitement du choix du système de correction d'affaiblissement qui sera décrit plus loin.

Les systèmes sur paires coaxiales sont établis d'après le principe de la transmission à 4 fils. Malgré les grandes différences de niveau existant entre signaux de même fréquence aux extrémités d'une section d'amplification, il est possible de placer les paires coaxiales attribuées aux deux sens de transmission dans un seul et unique câble, grâce à ses excellentes valeurs de diaphonie.

b) Amplificateurs

La sécurité d'exploitation est la condition primordiale dont il faut tenir compte lors du développement et de la construction des amplificateurs. En effet, comme ils peuvent être intercalés en nombre plus ou moins grand suivant la liaison à établir (280 sur le système de référence) et qu'ils peuvent transmettre 960 voies simultanément, il est extrêmement important de prendre toutes les précautions utiles pour éviter toute interruption.

Le tube électronique est encore aujourd'hui l'élément le plus incertain de la ligne, en raison surtout de sa pente élevée et de ses faibles capacités entre électrodes, conditions nécessaires pour obtenir une amplification suffisante dans toute la bande transmise.

Pour obtenir une sécurité d'exploitation maximum dans une installation sur câble coaxial, on a pensé établir une ligne de réserve, comme on le fait couramment sur les câbles à paires symétriques. Mais si, dans ce dernier cas, la réserve ne représente qu'une paire sur 24, soit le 4% environ, elle représente, dans le cas du câble coaxial à 4 paires utilisé généralement en Europe, le 50% de la capacité totale. Cette solution est économiquement peu intéressante, d'autant plus que le deuxième système de transmission est généralement destiné à d'autres usages, par exemple à la télévision.

Par contre, lorsqu'on utilise des câbles coaxiaux de plus grande capacité, par exemple 8 paires comme c'est le cas aux Etats-Unis d'Amérique, la ligne de réserve est certainement justifiée. Cette solution est, du reste, effectivement employée avantageusement dans ce pays. Comme elle ne peut pas être utilisée chez nous, il faut que les amplificateurs soient construits de telle sorte qu'un défaut dans un tube ne provoque pas d'interruption de la liaison. Ceci peut être obtenu de deux manières différentes: chaque étage d'amplification est pourvu de tubes connectés en parallèle où chaque amplificateur est composé de deux parties indépendantes dont chacune peut assurer à elle seule un service normal.

Il faut naturellement que, dans les deux cas, les caractéristiques électriques de l'amplificateur et particulièrement le gain restent le plus possible identi-

Lösung mit der Reserveleitung sicher rechtfertigen. Sie wird dort tatsächlich auch recht ausgiebig angewendet. Da sie aber bei uns nicht angewendet werden kann, müssen die Verstärker so gebaut werden, dass beim Ausfallen einer Röhre kein Betriebsunterbruch entsteht. Dies kann nach zwei Verfahren erreicht werden, entweder dadurch, dass jede Verstärkerstufe mit parallel geschalteten Röhren versehen wird oder dass jeder Verstärker aus zwei voneinander unabhängigen Teilen besteht, von denen jeder für sich allein den einwandfreien Betrieb garantiert.

In beiden Fällen muss dafür gesorgt werden, dass bei Störungen die Übertragungseigenschaften der reduzierten Verstärker, vor allem natürlich die Verstärkungsgrade, unverändert bleiben.

Der später beschriebene Verstärker arbeitet nach dem zweiten Prinzip. Er wurde für das Kabel Schweiz-Frankreich, das in Bern endet, verwendet. Um eine homogene Verbindung herzustellen, ist es zweckmässig, diesseits und jenseits der Landesgrenze den gleichen Verstärkertyp zu verwenden. In zuvorkommender Weise hat die französische PTT-Verwaltung der schweizerischen alle Unterlagen zur Verfügung gestellt, um diese Verstärker in der Schweiz zu fabricieren. Die Firma Hasler AG., die mit dem Bau beauftragt wurde, wurde damit in die Lage versetzt, die Zwischenverstärker-Ausrüstungen rasch zu verwirklichen. Der gleiche Verstärkertyp wurde für die Verbindung Zürich-Lugano gewählt. Er besteht aus zwei elektrisch identischen Hälften, die über gemeinsame Eingangs- und Ausgangsübertrager vereinigt sind. Ein beiden Hälften gemeinsames Gegenkopplungsnetzwerk sorgt dafür, dass es für den Betrieb des Verstärkers gleichgültig ist, ob er mit beiden oder bloss mit einer Hälfte arbeitet, abgesehen von einer kleinen Reduktion der maximal möglichen Ausgangsleistung. Dieses Prinzip der parallel geschalteten Verstärker ist demjenigen der bloss parallel geschalteten Röhren überlegen, weil dadurch die Verstärker als Ganzes gegen Defekte geschützt werden, welche in den einzelnen Verstärkerhälften auftreten können. Ausserdem ist es leicht möglich, sie dann durch voneinander unabhängige Stromversorgungssysteme zu speisen. Es ist klar, dass das gute Funktionieren jeder Hälfte überwacht werden muss. Dies erfolgt mit dem 308-kHz-Leitungspiloten. Jede Verstärkerhälfte ist zu diesem Zwecke mit einem selektiven Pilotempfänger versehen. Differentialrelais unterscheiden dann, ob tatsächlich ein Defekt im Verstärker eingetreten ist oder ob der Pilotempfänger wegen Ausfallens des Piloten selber stromlos wurde.

Diese Relais signalisieren allfällige Unregelmässigkeiten in das sie überwachende Hauptamt. Zu diesem Zwecke ist jede Zwischenstation über eine besondere Leitung, welche dem Bündel der Füllvierer des Kabels entnommen wird, mit dem Hauptamte verbunden. Dort werden in üblicher Weise Alarme ausgelöst.

ques en cas de dérangement de l'un des éléments doublés.

Le type d'amplificateur décrit plus loin est construit suivant le deuxième principe. Il a été utilisé sur le câble franco-suisse aboutissant à Berne. Pour obtenir une liaison homogène, il est avantageux d'utiliser le même type d'amplificateur de part et d'autre de la frontière. L'administration française a bien voulu transmettre à l'administration suisse tous les renseignements nécessaires pour faire fabriquer ces amplificateurs en Suisse. La maison Hasler, chargée de cette construction, a pu, de cette façon, réaliser très rapidement l'équipement des stations d'amplification. Le même type d'amplificateurs a été choisi pour la liaison Zurich-Lugano. Il comprend deux moitiés électriquement identiques connectées en parallèle au moyen des transformateurs d'entrée et de sortie. Un circuit de contre-réaction commun fait en sorte que l'amplificateur travaille dans des conditions normales, même si l'une des moitiés (ou chemin d'amplification) est hors service, mise à part une réduction de la puissance maximum de sortie. Le système des chemins d'amplification en parallèle présente quelques avantages par rapport au système des tubes en parallèle. L'amplificateur pris dans son ensemble est protégé contre un dérangement intervenant sur l'une des moitiés. Celles-ci peuvent être facilement enlevées pour une réparation. En outre, il est aisé de les alimenter par des sources individuelles. Il est évident que le bon fonctionnement de chaque chemin d'amplification doit être contrôlé. Ceci est réalisé au moyen d'une onde pilote de ligne de 308 kHz. Chaque chemin est muni, à cet effet, d'un récepteur d'onde pilote. Deux relais, dont les enroulements sont connectés en opposition pour l'un et en addition pour l'autre, permettent de déceler un défaut de transmission sur une moitié ou un manque d'onde pilote à la sortie de l'amplificateur. Ces relais envoient un signal sur une ligne particulière, établie sur une paire interstitielle du câble coaxial, reliant chaque station intermédiaire à la station principale. Le signal déclenche une alarme sur le panneau central ainsi que l'alarme générale.

La figure 5 montre un amplificateur de ligne. On voit distinctement les deux chemins d'amplification. L'un d'eux est vu de dos sur la figure 6.

Les deux chemins d'amplification sont amovibles et reliés par des fiches au panneau principal. Électriquement, ils sont réunis par les transformateurs d'entrée et de sortie ainsi que par un réseau de contre-réaction. Pour que les deux chemins puissent être alimentés par des sources indépendantes, le transformateur de sortie doit être bobiné avec des enroulements d'anode séparés galvaniquement. Comme c'est généralement le cas dans de tels amplificateurs, le réseau de contre-réaction est placé entre les cathodes du premier et du troisième tube. Il s'agit donc d'une contre-réaction de courant. Tout le montage est



Fig. 5.

Der Linienverteiler besteht aus zwei parallel geschalteten Einheiten
Amplificateur de ligne composé de deux «chemins d'amplification» en parallèle

Die Figur 5 stellt einen Linienverstärker dar. Deutlich sind die beiden Verstärkerhälften sichtbar. Eine derselben wird in Figur 6 von der unteren Seite gesehen dargestellt.

Innerhalb der Verstärkerplatte sind die beiden Hälften steckbar angeordnet. Elektrisch werden sie über gemeinsame Eingangs- und Ausgangsübertrager und ein gemeinsames Gegenkopplungsnetzwerk vereinigt. Damit die Speisung durch zwei unabhängige Stromquellen erfolgen kann, besitzt der Ausgangsübertrager auf der Anodenseite zwei galvanisch getrennte Wicklungen. Die Gegenkopplung erfolgt, wie das bei solchen Verstärkern üblich ist, als Stromgegenkopplung zwischen der Kathode der ersten und der dritten Röhre. Der Aufbau ist möglichst kapazitätsarm vorgenommen.

Der Verstärker besitzt die folgenden Eigenschaften:

conçu pour éviter le plus possible les capacités parasites.

L'amplificateur a les caractéristiques électriques suivantes:

Bande de fréquences transmises 60–4100 kHz

Gain entre résistances de 75 ohms:

à 60 kHz 5,0 N
à 4100 kHz 5,95 N

Le gain augmente donc légèrement avec la fréquence.

Contre-réaction pour toute la bande de fréquences:

supérieure à 4 N.

Affaiblissement de distorsion harmonique pour une puissance de sortie de + 1 N.:

environ 8 N
pour le deuxième harmonique
environ 9,5 N
pour le troisième harmonique

Puissance de bruit mesurée pour toute la bande de fréquences transmises: — 6,3 N

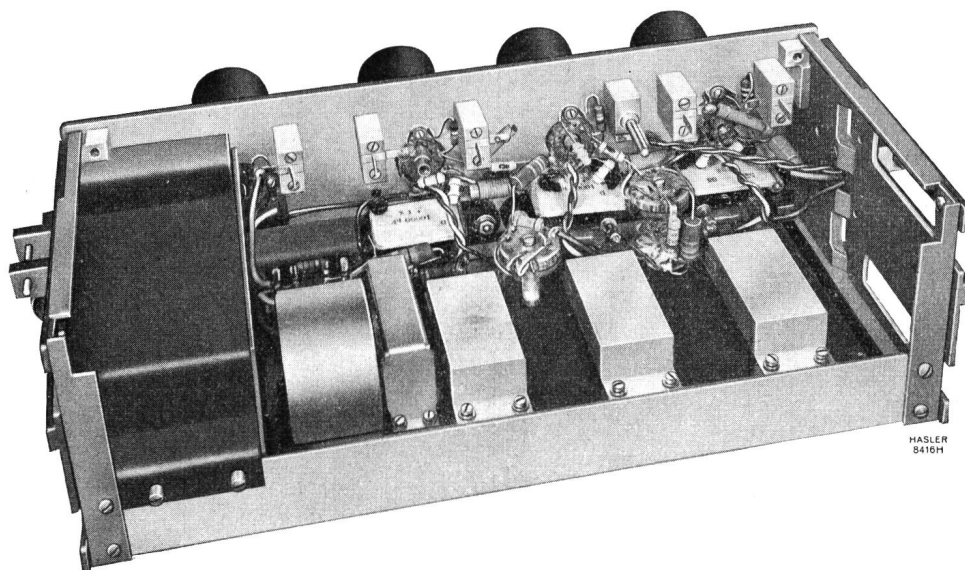


Fig. 6.
Ansicht einer Verstärkerhälfte von hinten
«Chemin d'amplification», vue de dos

Übertragenes Frequenzband 60...4100 kHz

Verstärkungsgrad zwischen 75 Ω

bei 60 kHz 5,0 N
bei 4100 kHz 5,95 N

Er steigt also mit wachsender Frequenz leicht an.

Gegenkopplung über das ganze Band grösser als 4 N

Klirrdämpfung bei einer Ausgangsleistung von +1,0 N
rund 8 N für die 2. Harmonische und
rund 9,5 N für die 3. Harmonische

Geräuschleistung gemessen über das ganze Band
— 6,3 N

Mit dem Breitbandverstärker allein ist das Problem des Baues eines brauchbaren Linienverstärkers noch nicht gelöst. Wie bereits festgestellt, steigt die Wellendämpfung des koaxialen Kabels mit wachsender Frequenz stark an. Dieser Anstieg muss in den Verstärkern durch geeignete Entzerrer kompensiert werden. Aus Gründen der Anpassung an den 75- Ω -Wellenwiderstand des Kabels wird der Entzerrer betriebsdämpfungsmässig halbiert und die eine Hälfte dem Eingang und die andere dem Ausgang des Verstärkers in Kette geschaltet.

Durch diese Massnahme können die Forderungen des CCIF betreffend die Reflexionskoeffizienten zwischen Kabel und Eingang bzw. Ausgang des Verstärkers erfüllt werden. Für Telephoniesysteme ist diese Forderung zwar nicht notwendig, sie erhält aber bei der Übertragung von Fernsehsignalen ihre Bedeutung.

Einen kleinen Entzerrungsbeitrag liefern die Eingangs- und Ausgangsübertrager der Verstärker dank ihren in Funktion der Frequenz leicht ansteigenden Übersetzungsverhältnissen. Entzerrer und Verstärker zusammen kompensieren die Dämpfung einer Verstärkerfeldlänge von genau 9 km. Beträgt diese aus baulichen Gründen nicht so viel, so wird sie mittels künstlicher Kabelverlängerungen, die in Stufen von 450 und 900 m zur Verfügung stehen, möglichst nahe an diesen Wert gebracht. Die Figur 7 orientiert über die Pegelverhältnisse innerhalb der einzelnen Linienverstärker und damit auch über die Betriebsdämpfungen der Eingangs- und Ausgangsentzerrer.

Die Wellendämpfung der koaxialen Leiter ist eine Funktion der Temperatur. Dieser Umstand äussert sich praktisch so, dass der Eindruck entsteht, das Kabel verlängere sich bei steigender Temperatur und verkürze sich bei fallender. Um also die Temperatureinflüsse zu kompensieren, genügt es, den einzelnen Verstärkerfeldlängen mehr oder weniger künstliche Kabel in Kette zu schalten. Jeder Verstärker enthält deshalb Kunstschaltungen, welche der Dämpfung von 450 m Kabel entsprechen und mittels Relais ferngesteuert in den Zug der Leitung geschaltet werden können. Ein solcher «Temperaturkorrektor» ist in der Lage, die Betriebsdämpfungsänderungen von 5 Verstärkerfeldern zu kompensieren, wenn die Temperatur sich um 50° C geändert hat. Im Normalfalle lassen sich also Temperaturänderungen bis zu 250° C ausgleichen.

Mais le problème de l'amplification d'une section de ligne n'est que partiellement résolu par l'amplificateur décrit.

Nous avons vu que l'affaiblissement de la paire coaxiale augmente avec la fréquence. Cet accroissement doit être compensé par des correcteurs appropriés. Pour des raisons d'adaptation à l'impédance de 75 ohms du câble, le correcteur est divisé en deux parties d'affaiblissement égal insérées l'une à l'entrée et l'autre à la sortie de l'amplificateur.

Cette mesure est nécessaire pour remplir la condition recommandée par le CCIF, relative au coefficient de réflexion entre le câble et l'entrée, respectivement la sortie de l'amplificateur. Cette condition n'est pas nécessaire pour un système à téléphonie multiple, mais elle a son importance pour la transmission de signaux de télévision.

Les transformateurs d'entrée et de sortie de l'amplificateur contribuent à la correction grâce à leur rapport de transformation légèrement ascendant en fonction de la fréquence. Les correcteurs et l'amplificateur compensent l'affaiblissement d'une section de câble de 9 km de longueur comprise entre deux stations (section élémentaire d'amplification). Si,

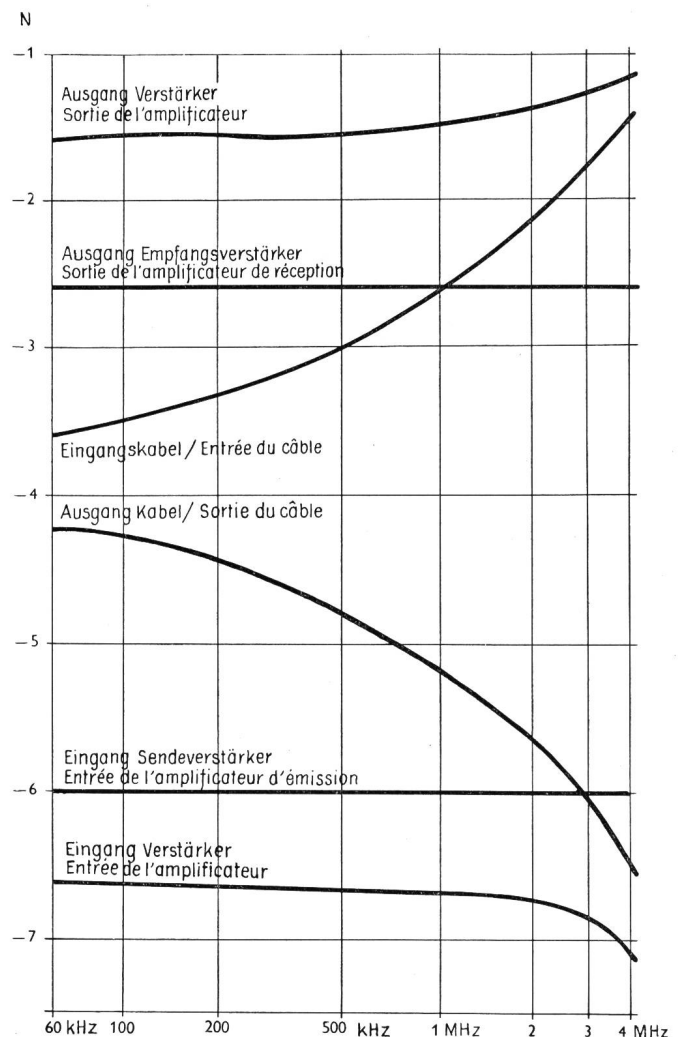


Fig. 7. Pegelverhältnis innerhalb eines Linienverstärkers
Conditions de niveaux dans les sections d'amplification

Als letztes, aber wichtiges Problem einer Kabelanlage bleibt die dauernde Speisung der Verstärker mit Heiz- und Anodenstrom. Mit Rücksicht auf zu übertragende Wahl-Telegraphie oder gar von Faksimilesignalen hat es die schweizerische PTT-Verwaltung als notwendig erachtet, die Stromversorgungseinrichtungen so zu konstruieren, dass in keinem Falle Unterbrüche entstehen, obwohl das CCIF in seinen Empfehlungen Unterbrüche von der maximalen Dauer von 150 ms zulässt.

Es wäre indessen unwirtschaftlich, wenn jede Zwischenverstärkerstation einzeln durch das nächste Ortsnetz gespeist würde und für den Fall von Unterbrüchen eine grosse Menge komplizierter Notstromversorgungen vorgesehen würden.

Viel zweckmässiger ist es, die Verstärker über die koaxialen Röhren selbst fernzuspeisen. Diese führen dann nicht nur die Träger-, sondern auch die Speiseströme. Zu diesem Zwecke wird in den Speisestationen jeder einzelnen Tube zwischen Innen- und Aussenleiter eine Spannung der Frequenz 50 Hz aufgedrückt, die bewirkt, dass ein Strom von 1,25 A konstant durch den Speiseabschnitt fliesst. Ein solcher Speiseabschnitt umfasst höchstens 5 Verstärkerstationen.

Zur Trennung bzw. Vereinigung der Träger- und der Speiseströme befinden sich am Eingang und am Ausgang der individuellen Verstärker Tief-Hoch-Frequenzweichen. Da sie gleichzeitig Elemente der Schwach- und der Starkstromtechnik sind, ist ihr Bau nicht ganz leicht, treten doch am Anfang eines Speiseabschnittes Spannungen bis 800 V auf. Die

pour des raisons de construction, cette distance est moindre, elle est amenée le plus près possible de la valeur nominale au moyen de compléments de ligne correspondant à des longueurs de câble de 450 et 900 m. La figure 7 montre les courbes de niveau dans les sections d'amplification et également les affaiblissements des correcteurs d'entrée et de sortie.

L'affaiblissement d'une paire coaxiale est une fonction de la température. Ceci donne l'impression, en pratique, que le câble s'allonge avec l'augmentation de température ou se raccourcit avec la diminution de celle-ci. Pour compenser alors les effets de la température, il suffit d'intercaler dans les sections d'amplification plus ou moins de compléments de lignes. Chaque amplificateur contient à cet effet un de ces compléments ayant un affaiblissement correspondant à 450 m de paire coaxiale, qui peut être intercalé dans la ligne au moyen d'un relais commandé à distance. Un tel «correcteur de température» peut compenser une variation d'affaiblissement de cinq sections élémentaires d'amplification lorsque la température varie de 5° C. Dans les cas normaux, il est possible de compenser des variations de température de 25° C.

Le dernier, mais très important problème d'une installation par câbles coaxiaux, consiste à assurer en permanence une alimentation de chauffage et d'anode aux amplificateurs. Pour assurer une transmission correcte de signaux de numérotation, de télégraphe ou même de fac-similé, l'administration suisse des PTT a estimé nécessaire de construire des installations d'énergie ne produisant en aucun cas des inter-

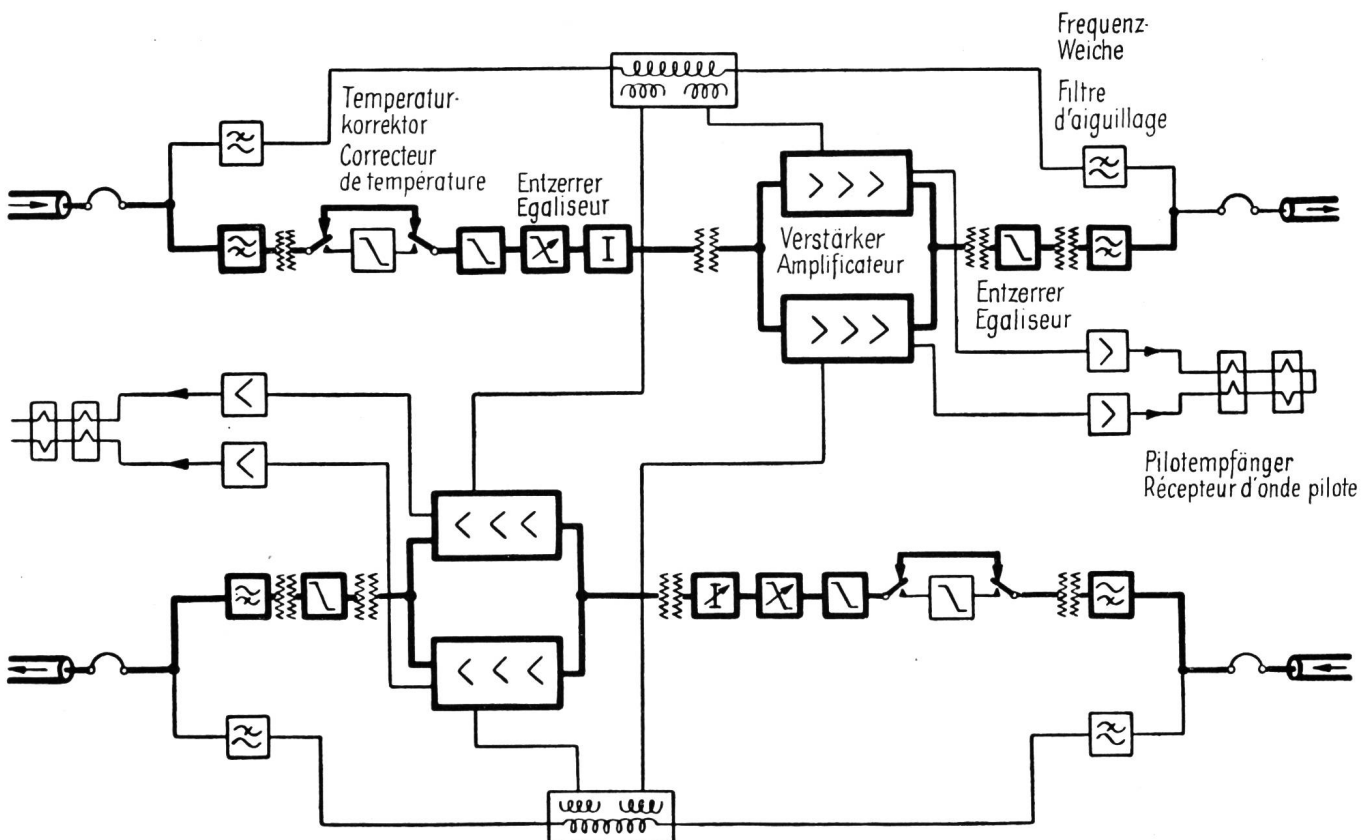


Fig. 8. Prinzipschema einer Zwischenverstärkerstation — Schéma de principe d'une station de répéteurs intermédiaire

Speisung über Innen- und Aussenleiter der koaxialen Röhren erlaubt es im Gegensatz zu anderen Systemen, bei denen die Speisung über die Innenleiter zweier Röhren erfolgt, jedem Zwischenverstärker zwei unabhängige Speisesysteme zuzuordnen. Von den 4 Verstärkerhälften eines Vierdrahtverstärkers können alsdann je zwei kreuzweise durch die beiden Speisesysteme versorgt werden, so dass auch beim Ausfall einer Stromversorgung der Betrieb aufrechterhalten werden kann.

In den Speiseplatten sind ausserdem Schalter eingebaut, welche den Betrieb der Verstärker bei stromlosen koaxialen Leitern durch das Ortsnetz gestatten.

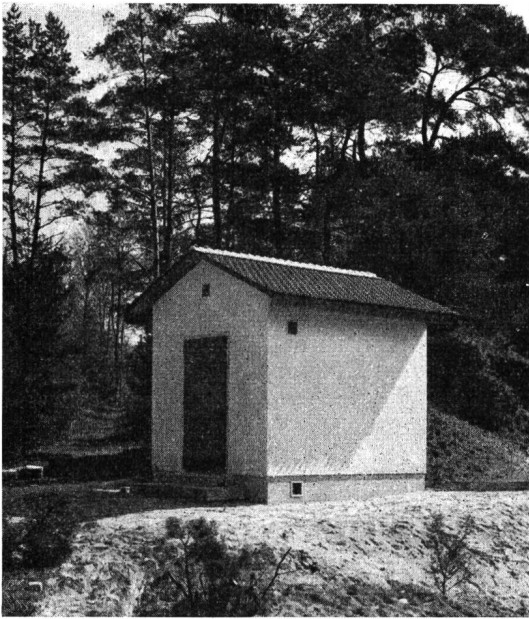


Fig. 9. Zweckbau für eine unbewachte Zwischenstation
Maisonnette abritant une station intermédiaire non gardée

Von dieser Möglichkeit wird bei Inbetriebsetzungsarbeiten und bei leichten Kabeldefekten Gebrauch gemacht.

Die Umschaltung geschieht im Prinzip wie folgt: Zunächst wird in der Speisestation das eine der beiden Speisesysteme abgeschaltet. Alsdann werden alle Verstärkerhälften, die diesem Speisesystem zugeordnet sind, auf das Ortsnetz umgeschaltet. Damit kann auch das zweite Speisesystem abgetrennt und die restlichen Verstärkerhälften können ebenfalls umgeschaltet werden. Um auf Normalbetrieb zurückzuschalten, wird das umgekehrte Vorgehen angewendet.

Die Figur 8 zeigt die grundsätzliche Schaltung eines Zwischenverstärkers mit Verstärkern, Entzerrern, Korrektoren, Weichen, Speisungen, Überwachungen usw.

In den unbewachten Zwischenstationen, die sich in der Regel als kleine Zweckbauten (Fig. 9) präsentieren, werden die Verstärkerbuchten aus Sicherheitsgründen in Stahlschränken untergebracht, welche im normalen Betriebe geschlossen sind. Damit wird vermieden, dass das Unterhaltspersonal, das noch

ruptions, bien que le CCIF les tolère jusqu'à 150 ms au maximum dans une de ses recommandations.

Il ne serait naturellement pas économique de prévoir pour chaque station intermédiaire une installation compliquée d'énergie de secours.

Il est donc tout indiqué d'alimenter les amplificateurs à distance au moyen des paires coaxiales elles-mêmes. Celles-ci transmettent donc, en plus des signaux vocaux, également les courants d'alimentation. A cet effet, on connecte, sur chaque paire coaxiale d'une station d'alimentation, une tension entre les conducteurs intérieur et extérieur, tension dont la fréquence est de 50 Hz; le courant produit, réglé d'une manière constante à 1,25 A, parcourt toute la section d'alimentation. Une de ces sections d'alimentation comprend au plus 5 stations intermédiaires.

Pour séparer ou respectivement pour mélanger les signaux vocaux et les courants d'alimentation, on place à l'entrée et à la sortie de l'amplificateur des filtres d'aiguillage du type passe-haut/passe-bas.

Leur construction n'est pas très simple car ils contiennent simultanément des éléments à courant faible et à courant fort. La tension d'alimentation peut

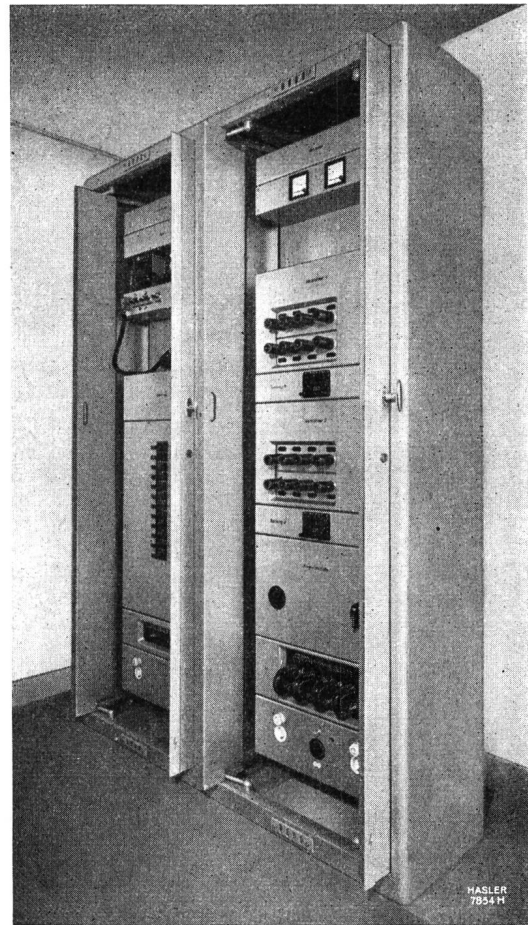


Fig. 10. Inneres einer Zwischenstation. Links der Kabelkopfschrank, rechts der Verstärkerschrank
Vue intérieure d'une station intermédiaire. A gauche, le bâti de têtes de câbles; à droite, celui des amplificateurs

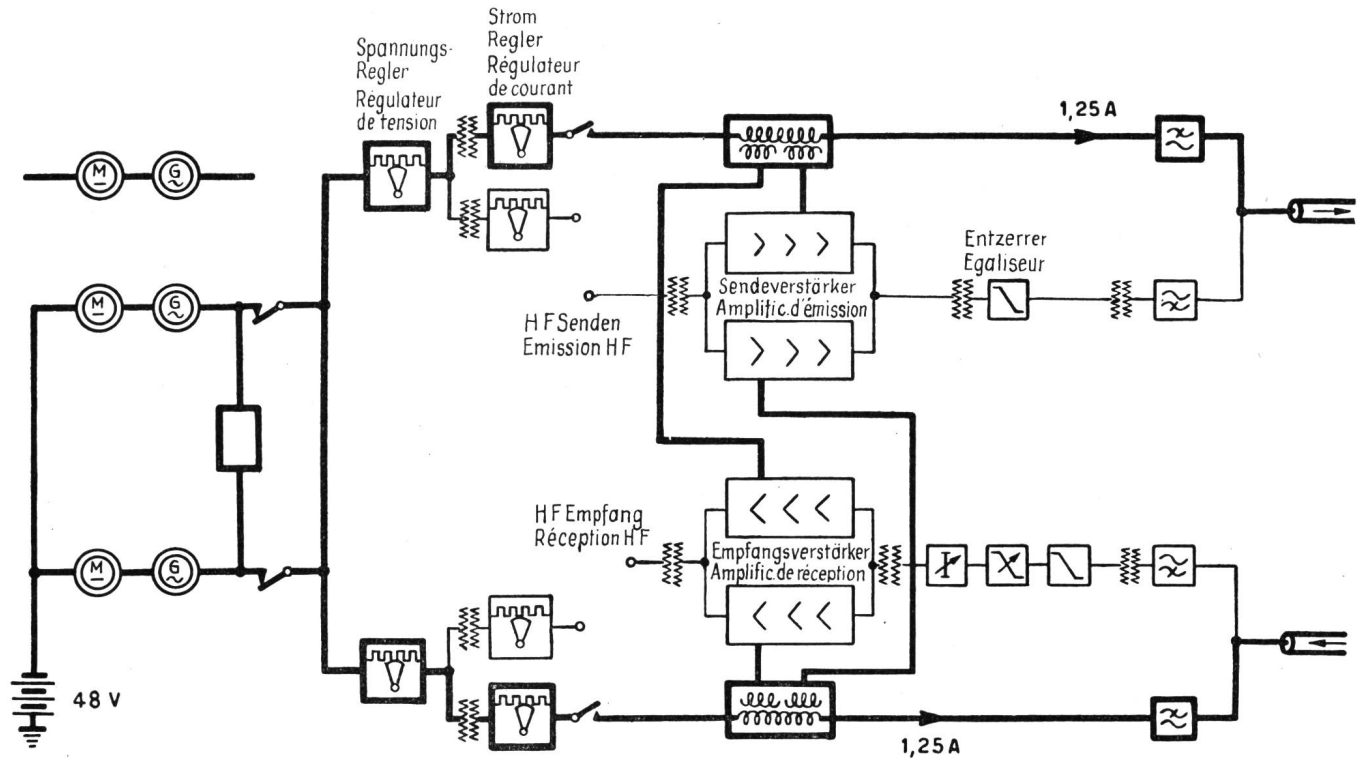


Fig. 11. Blockschema einer Haupt- und Speisestation
Schéma de principe d'une station principale et d'alimentation

nicht an die enge Verkettung von Schwach- und Starkstrom gewöhnt ist, durch die hohen vorhandenen Spannungen gefährdet wird.

Neben dem eigentlichen Verstärkerschrank befindet sich im Apparateraum einer Zwischenstation (Fig. 10) noch der Kabelkopfschrank. Er enthält den Kabelkopf für die symmetrischen Fülladern, die notwendigen Schutzübertrager, das Diensttelefon und bis zum endgültigen Ausbau auch die Köpfe der unverstärkten Reservetuben.

Die Hauptstationen erfüllen grundsätzlich die gleichen Aufgaben wie die Zwischenstationen. Sie sind im allgemeinen als Speisestationen ausgebaut und dienen, weil sie dauernd bemannt sind, der Überwachung der zwischen ihnen liegenden Stationen. Von hier aus werden die notwendigen Temperaturkorrekturschaltungen vorgenommen. Sie sind auch so ausgerüstet, dass einzelne Kanalgruppen abgezweigt bzw. zugefügt werden können.

Die Figur 11 zeigt die grundsätzliche Schaltung einer solchen Station. Interessant ist die eigentliche Stromversorgung, die eine unterbrechungsfreie Speisung der Zwischenverstärker erlaubt. Diese erfolgt kontinuierlich durch die 48- oder 60-Volt-Batterie der Zentralausrüstung des Telephonamtes, wo die Hauptstationen untergebracht sind.

Zwei Motor-Generator-Aggregate arbeiten dauernd auf eine gemeinsame Sammelschiene. Sie sind so dimensioniert, dass sie im normalen Betriebszustande je die Hälfte der Last tragen, aber im Falle einer Störung in der Lage sind, die volle Last auch einzeln zu übernehmen.

en effet atteindre des valeurs de l'ordre de 800 volts. L'alimentation effectuée par les conducteurs intérieur et extérieur de chaque paire coaxiale permet, contrairement au système qui utilise les conducteurs intérieurs de deux paires coaxiales, d'alimenter l'amplificateur intermédiaire par deux systèmes d'alimentation indépendants. Les deux moitiés de chaque amplificateur peuvent donc être alimentées par les deux sources, de telle sorte qu'en cas de défaillance de l'une d'elles le service n'est pas interrompu. En outre, un commutateur placé dans le panneau d'alimentation permet, en cas de défaillance d'une ou des deux sources d'énergie provenant du câble, d'alimenter les chemins d'amplification par le réseau local à disposition dans chaque station intermédiaire. Cette disposition rend de grands services à l'occasion des premières mesures et permet en outre, en cas de dérangement léger du câble, de passer de l'alimentation à distance à l'alimentation locale sans provoquer d'interruption. Ceci se fait en principe de la manière suivante: une des sources d'énergie est déconnectée à la station principale d'alimentation. Tous les chemins d'amplification de chaque station intermédiaire correspondant à ce circuit d'alimentation sont commutés sur le réseau local. La deuxième source d'énergie peut être alors déconnectée à la station principale et les chemins d'amplification restants connectés également sur le réseau local. Le retour au service normal se fait par le processus inverse.

Les amplificateurs intermédiaires sont placés, en règle générale, dans de petites maisonnettes dont l'une est représentée à la figure 9. Les bâtis d'amplifi-

Von der Sammelschiene werden über Spannungsregler den eigentlichen Speisebuchten 220 V 50 Hz zugeführt. Diese sind so eingerichtet, dass auch eine Umschaltung auf das gewöhnliche Wechselstromnetz möglich ist. In den Speisebuchten befinden sich die Speisetransformatoren, die zusammen mit den Stromreglern, den koaxialen Röhren dauernd 1,25 A zuführen. Zum Ausgleich der variablen Zahl ferngespeister Ämter besitzen die Transformatoren die nötigen Anzapfungen. Pro Verstärker benötigt man zusammen mit dem unvermeidlichen Spannungsabfall längs des Kabels ungefähr 150 V.

Die Stromregler können kleine Schwankungen, wie sie durch Ausserbetriebfallen einzelner Röhren oder gar Verstärkerhälften auftreten, im Schleifenwiderstand des Stromkreises ausgleichen. Treten Schwankungen auf, die grösser sind als der Regulierbereich des Reglers, so sorgt ein Kontaktampèremeter für die augenblickliche Abschaltung der Speiseenergie, weil anzunehmen ist, dass irgendwo ein grösserer Defekt aufgetreten ist. Diese Anordnung erlaubt, sämtliche Zwischenverstärkerstationen ohne irgendeine Sicherung zu bauen, was von besonderem Vorteil ist, weil damit Störquellen und komplizierte Überwachungseinrichtungen wegfallen.

Die Linienausrüstung eines Hauptamtes besteht für die halbe Kapazität eines Kabels aus zwei Verstärkerbuchten, der Durchschalte-, der Speise- und der Kabelkopfbucht (Fig. 12). Die Verstärkerbuchten tragen getrennt nach den beiden Übertragungsrichtungen je Sende- und Empfangsverstärker und dazu die für die Überwachung und Steuerung der Zwischenverstärker notwendigen Relaischaltungen. Die Durchschaltebucht enthält zunächst alle Filter, mit denen von der Hauptgruppe einzelne Sekundärgruppen abgezweigt werden können. Daneben enthält sie aber auch diejenigen Mittel, die für die Überwachung der Leitungen, besonders bezüglich ihrer Pegelverhältnisse, nötig sind. Für diese Pegelkontrolle werden über die hochfrequente Leitung dauernd zwei Pilote mit den Frequenzen 308 und 4092 kHz übertragen. Diese werden in den Endämtern mittels Differentialschaltungen dem Kabel zugeführt. Am Ort des relativen Pegels 0 N beträgt ihr absoluter Pegel je $-1,2$ N. In den Hauptstationen werden diese Leitungspiloten selektiv empfangen, mittels Pegelzeiger und Kontaktvoltmeter dauernd überwacht und miteinander verglichen.

Variiert nun, bedingt durch Temperatureinflüsse, die Betriebsdämpfung des Kabels, so verändert sich naturgemäss der Pegel des frequenzmässig hohen Piloten mehr als derjenige des tiefen. Sobald die Pegeldifferenz einen Wert erreicht hat, der die Dämpfungsdifferenz eines Temperaturkorrektors übersteigt, so verursacht ein Kontaktvoltmeter einen Alarm, und Lampen zeigen an, ob die Differenz + oder - ist. Damit wird das Bedienungspersonal aufgefordert, die Temperaturkompensierungs-Einrichtungen zu betätigen und einen Temperaturkorrektor ein- oder aus-

cateurs eux-mêmes sont placés dans des armoires métalliques et de ce fait protégés contre la poussière et l'humidité. En cas de connexion spéciale à l'intérieur du bâti, celui-ci peut être fermé à clé pour mettre le personnel non averti à l'abri des dangers de la haute tension et éviter de fausses manipulations.

L'équipement complet d'une station est représenté par la figure 10. A côté de l'armoire contenant le bâti d'amplificateurs est placée celle contenant le bâti de têtes de câbles. Celui-ci contient une tête de câble pour les paires interstitielles, des translateurs de lignes, le panneau de téléphone pour la ligne de service et, en attendant l'extension des amplificateurs, les têtes de câbles des paires coaxiales de réserve.

La station principale d'amplification remplit en principe les mêmes conditions que les stations intermédiaires. Elle sert le plus souvent aussi de station d'alimentation. Cette station est toujours occupée par le personnel chargé de la surveillance des stations intermédiaires adjacentes. C'est de là également que se fait la commande à distance des correcteurs de température lorsque c'est nécessaire. Elle est également équipée pour l'introduction ou l'extraction de quelques groupes de voies téléphoniques.

Le schéma de principe d'une station d'alimentation est représenté à la figure 11.

La source d'énergie est particulièrement intéressante, car elle assure une alimentation permanente (sans interruption) des amplificateurs. Celle-ci est tirée constamment de la batterie de 48 ou 60 volts du central automatique placé dans le même bâtiment que la station d'alimentation.

Deux moteurs-générateurs débitent en permanence sur une même barre collectrice. Ils sont dimensionnés de telle sorte qu'en service normal ils ne travaillent qu'à demi-charge. En cas de défaillance d'un groupe, l'autre prend immédiatement la charge totale.

De la barre collectrice, l'énergie, après passage dans un régulateur qui stabilise la tension à 220 volts, est conduite au bâti d'alimentation proprement dit, à travers un commutateur permettant aussi d'alimenter le bâti par le réseau local ou une autre source d'énergie. C'est dans ce bâti d'alimentation que sont placés les transformateurs et les régulateurs de courant qui ensemble livrent à chaque paire coaxiale les 1,25 A nécessaires. Le transformateur a toutes les prises voulues pour adapter la tension au nombre de stations intermédiaires à alimenter. La tension utilisée par chaque amplificateur, ajoutée à la chute de tension inévitable dans la paire coaxiale de la section élémentaire d'amplification, donne au total environ 150 V.

Les régulateurs de courant permettent de compenser les petites variations de la résistance de la boucle, comme celles provenant d'un défaut d'un tube ou même d'une unité d'amplification. Mais lorsqu'une variation dépasse en ampleur la marge de réglage du régulateur, un ampèremètre à contact commande la déconnexion de la paire coaxiale de la source d'énergie,

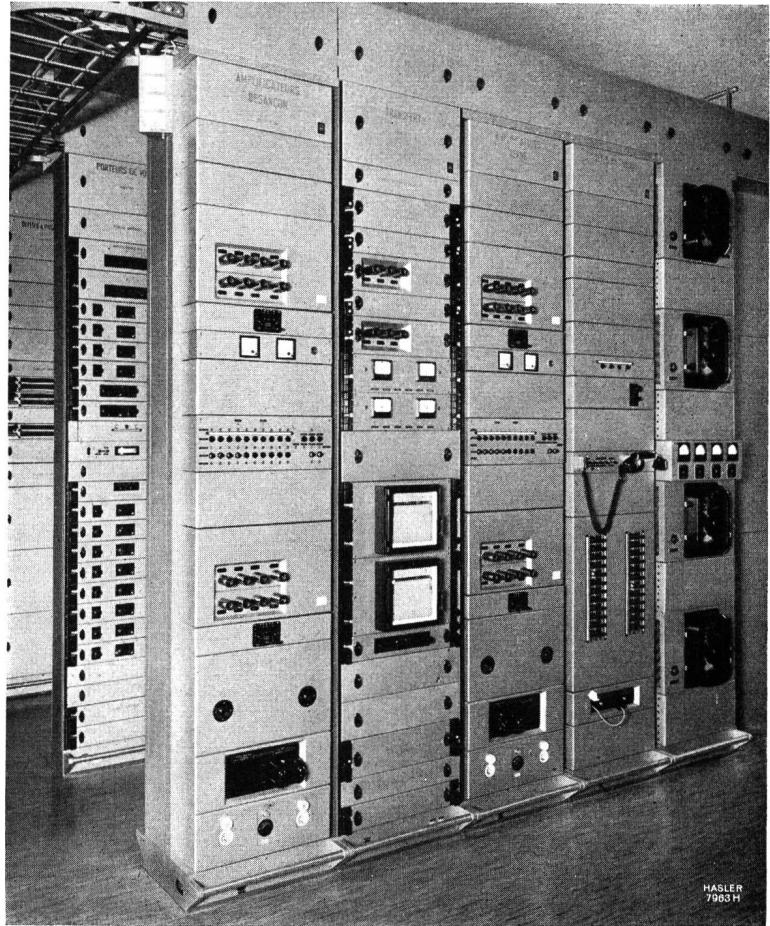


Fig. 12.

Linienrüstung eines Hauptamtes. Von links nach rechts: erste Verstärkerbucht, Durchschaltbucht, zweite Verstärkerbucht, Kabelkopfbucht, Speisebucht. Equipement de ligne d'une station principale et d'alimentation. De gauche à droite, les cinq bâtis: amplificateurs 1, transfert, amplificateur 2, têtes de câbles, alimentation

zuschalten. Bei langen Leitungen muss das Einsetzen von Korrektoren planmässig erfolgen, weil sonst die Pegelverhältnisse der Verstärker gestört werden könnten.

Besondere Probleme stellen sich beim Bau der einzelnen Verstärkerstationen bezüglich des Schutzes des Unterhaltspersonals. Abgesehen von Trägertelephonieanlagen längs Hochspannungsleitungen, ist es bei diesem koaxialen Kabel das erste Mal, dass Stark- und Schwachstrom in so weitgehendem Masse gemischt wurden. Die PTT-Verwaltung hat indessen alle notwendigen Massnahmen getroffen, damit der Unterhalt der Anlagen gefahrlos vorgenommen werden kann.

3. Endausrüstungen

A. Der frequenzmässige Aufbau der Hauptgruppe

Der Begriff Endausrüstungen umfasst alle diejenigen Anlagenteile, die dazu dienen, die Hauptgruppen zu bilden. Auf die niederfrequenten Geräte soll indessen nicht eingegangen werden.

Wie bereits eingangs erwähnt wurde, umfasst die Hauptgruppe (Fig. 1) im Frequenzbereiche 60...4028 kHz total 960 nach dem Einseitenbandverfahren eng aneinandergereihte Kanäle. Ihre Übertragung erfolgt teilweise in Normallage der Frequenzen, teilweise dagegen in Kehrlage.

car il s'agit d'un dérangement important. Cette disposition permet de construire toutes les stations intermédiaires sans aucun fusible et par là de supprimer des sources de dérangements et des dispositifs de surveillance compliqués.

L'équipement de ligne d'une station principale et d'alimentation comprend, pour la demi-capacité du câble, deux bâtis d'amplificateurs, un bâti de transfert, un bâti d'alimentation et un bâti têtes de câbles (figure 12). Chaque bâti d'amplificateurs comprend un amplificateur d'émission et de réception pour les deux sens de transmission, ainsi que les relais utilisés pour la télécommande et la télésurveillance des stations intermédiaires. Le bâti de transfert comprend en premier lieu les filtres au moyen desquels on peut dériver des groupes secondaires du groupe principal. Il comprend ensuite tous les appareils destinés à la surveillance de la ligne, en particulier au contrôle des niveaux. Pour effectuer ce contrôle, on émet en permanence sur la ligne deux ondes pilotes dont les fréquences sont de 308 et 4092 kHz. Celles-ci sont introduites sur la paire coaxiale au moyen de transformateurs différentiels, dans les stations terminales. Leur niveau absolu de puissance (rapporté au point de niveau relatif zéro déduit de l'hypsogramme d'un circuit téléphonique) est fixé à $-1,2 N$. Dans les stations principales, ces ondes pilotes sont filtrées, amplifiées, redressées et, au moyen d'appareils de

Aus technischen, aber auch aus betrieblich-organisatorischen Gründen erfolgen die notwendigen Frequenzumsetzungen nicht mittels einer einzigen Modulationsstufe; man bedient sich vielmehr auch in diesem Falle des Prinzips der fortlaufenden Frequenzverschiebung, d. h. es werden zuerst 12 Kanäle umfassende Basisgruppen und mit fünf solchen 60 Kanäle enthaltende Basissekundärgruppen gebildet.

Im Falle der bisher in der Schweiz fast ausschliesslich eingesetzten 12-, 24-, 36- oder 48-Kanal-Systeme auf symmetrischen Trägerleitungen war es zweck-

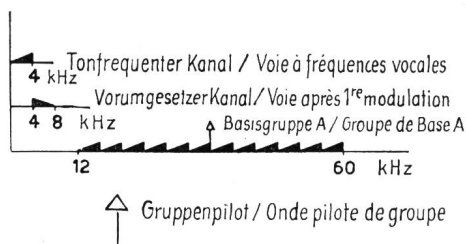


Fig. 13. Kanalumsetzung zur Bildung der Basisprimärgruppe A
Modulation de voie pour groupe primaire de base A

mässig, je 12 Kanäle zunächst zur Basisgruppe A zu vereinigen, um alsdann die B-, C- oder D-Gruppe mittels einer einzigen Gruppenumsetzung zu erzeugen. Je nach der gewünschten Kanalzahl konnten dann die geeigneten Gruppen zu einem Mehrgruppensystem zusammengeschaltet und übertragen werden.

Nach dem Verfahren der Hasler AG. wird die vom CCIF normalisierte A-Gruppe durch eine doppelte Frequenzverschiebung gewonnen, einer ersten, allen Kanälen eigenen, mit einer Trägerfrequenz von 8 kHz, und einer zweiten, mit den individuellen Trägerfrequenzen 20, 24...60 und 64 kHz. Ausgenützt wird jedesmal das untere Seitenband. Die Figur 13 zeigt diese bekannte Art der Formierung der A-Gruppe.

Soll nun aber die Hauptgruppe gebildet werden, so erweist sich, wenn das international übliche Modulationsverfahren eingehalten werden soll, die A-Gruppe als schwerfällig. Viel besser eignet sich dann die ebenfalls vom CCIF normalisierte B-Gruppe. Bewusst wird dabei der Nachteil in Kauf genommen, dass eventuell im gleichen Trägergeräme nebeneinander A- und B-Gruppen zu stehen kommen.

Die Basisgruppe B umfasst 12 Kanäle im Bereiche 60...108 kHz. Die Figur 14 zeigt das frequenzmässige Aufbauprinzip, welches sich als geeignet erwiesen hat und das sich eng an die bei der A-Gruppe erprobte

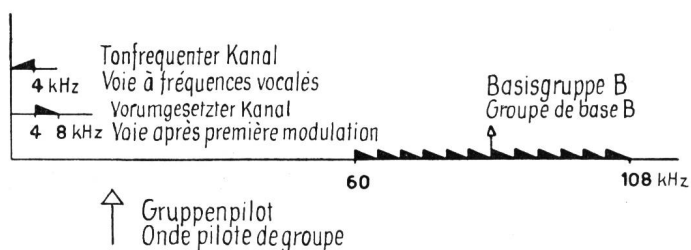


Fig. 14. Kanalumsetzung zur Bildung der Basisprimärgruppe B
Modulation de voie pour groupe primaire de base B

mesure et de voltmètres à contacts, contrôlées en permanence et comparées entre elles.

Lorsque l'affaiblissement du câble varie sous l'effet de la température, le niveau de l'onde pilote à fréquence élevée varie plus que celui de l'onde pilote à fréquence basse. Dès que la différence des niveaux est supérieure à la différence d'affaiblissement d'un correcteur de température, le voltmètre à contact déclenche une alarme et allume une lampe qui indique si la différence est positive ou négative. De cette façon, le personnel de service peut intervenir et, au moyen du dispositif de commande à distance, enclencher ou déclencher un correcteur de température. Sur une longue liaison, l'insertion d'un correcteur de température doit se faire suivant un plan bien déterminé pour que les niveaux de sortie des amplificateurs restent dans les limites prescrites.

La protection du personnel chargé de l'entretien a posé quelques problèmes particuliers lors de la construction des stations d'amplification. La téléphonie à courants porteurs sur les lignes à haute tension mise à part, c'est la première fois, dans le câble coaxial, que les courants faibles et les courants forts sont aussi intimement mêlés. Toutes les mesures de sécurité ont été prises pour que l'entretien de l'installation puisse se faire sans danger.

3. Equipements terminaux

A. Etablissement d'un système à 960 voies dans le spectre des fréquences

Sous la dénomination «équipements terminaux» on entend tous les appareils destinés à établir un groupe de 960 voies téléphoniques que nous appellerons par la suite groupe principal. Les appareils de la partie basse fréquence des voies ne seront pas décrits dans cet article.

Comme nous l'avons vu précédemment, le groupe principal comprend, dans une bande de fréquences de 60 à 4028 kHz, 960 voies téléphoniques transposées en fréquence d'après le principe de la modulation avec bande latérale unique et placées étroitement les unes à côté des autres. La transmission a lieu dans l'ordre normal des fréquences ou, le plus souvent, dans l'ordre inverse.

Pour des raisons techniques et des questions pratiques d'organisation des réseaux, la transposition en fréquence des voies ne se passe pas dans un seul étage. Il est bien plus commode, d'appliquer le principe de la modulation successive en formant des groupes primaires de 12 voies et, à l'aide de cinq de ceux-ci, un groupe secondaire à 60 voies.

Dans le réseau suisse, composé presque uniquement de systèmes à 12, 24, 36 et 48 voies sur paires symétriques, il était préférable de grouper premièrement 12 voies en un groupe primaire A et de le transposer ensuite par une modulation de groupe dans les positions B, C ou D. D'après le nombre de voies demandées, il était alors facile d'assembler ces groupes pour former des systèmes à 24, 36 ou 48 voies.

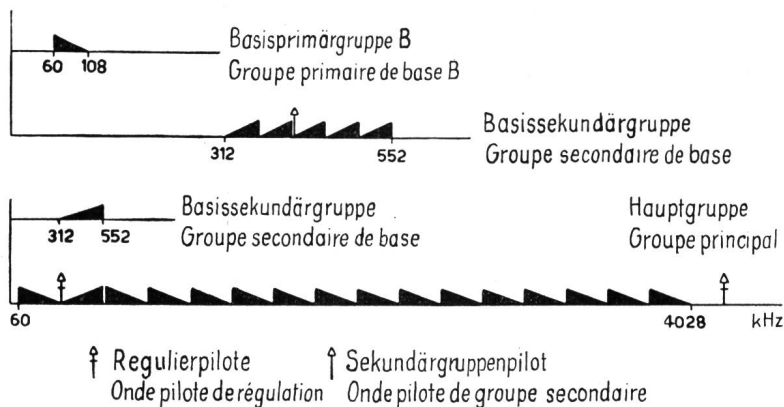


Fig. 15.

Primärgruppen- und Sekundärgruppen-Umsetzung
Modulation de groupes primaires et secondaires

Technik anlehnt; also wieder erste Modulation bei 8 kHz unter Ausnutzung des unteren Seitenbandes, und zweite Modulation mit den Trägerfrequenzen 56, 60...96 und 100 kHz, diesmal aber unter Verwendung des oberen Seitenbandes, entsprechend der Kehrlage der Frequenzen der Kanäle in der B-Gruppe.

Hat man sich für den Aufbau der Hauptgruppe mittels Basisgruppen B entschlossen, so ist das weitere Vorgehen relativ einfach. Ausgehend von 80 Basisgruppen, werden zunächst 16 Basissekundärgruppen gebildet und diese anschliessend so transponiert, dass sie die Hauptgruppe bilden. Die fünf B-Gruppen umfassende Basissekundärgruppe erstreckt sich über den Frequenzbereich 312...552 kHz. Die Nullfrequenzen der Kanäle folgen sich lückenlos in Abständen von 4 kHz. Die Sprachfrequenzen befinden sich in Normallage. Die Umsetzungen werden mit den Trägerfrequenzen 420, 468, 516, 564 und 612 kHz vorgenommen. Die Figur 15 veranschaulicht diesen Aufbau.

16 Basissekundärgruppen bilden, wie gesagt, nach geeigneter Sekundärgruppenumsetzung die Hauptgruppe; lediglich die Sekundärgruppe 2 wird modulationslos der Hauptgruppe eingefügt, weil ihre Frequenzlage derjenigen der Basissekundärgruppe unmittelbar entspricht. Zwischen den einzelnen Sekundärgruppen bestehen kleine Frequenzlücken, die den Aufbau der Hauptgruppe erleichtern. Sie betragen im allgemeinen 8 kHz, lediglich zwischen der 1. und 2. und der 2. und 3. Sekundärgruppe wurden sie mit 12 kHz angesetzt. In der Figur 16 ist die Schaltung der Hauptgruppe dargestellt.

Dort sind auch alle Pegel- und Impedanzverhältnisse angegeben. Von links nach rechts folgen sich die Kanal-, die Primärgruppen- und die Sekundärgruppenmodulation; von tiefen wird ein Signal im allgemeinen in der Senderichtung zu immer höheren Frequenzen umgesetzt.

Um der an und für sich starren Hauptgruppe eine gewisse Elastizität, wie sie der praktische Betrieb verlangt, zu geben, werden die Ein- und Ausgänge aller Gruppen über geeignete Verteiler geführt und dort nach Bedarf rangiert, analog wie dies bei den tonfrequenten Ein- und Ausgängen der Kanäle am Vierdrahtverteiler üblich ist.

Le procédé utilisé par *Hasler S.A.* pour former le groupe A normalisé par le CCIF est celui de la double modulation. Dans la première, les 12 voies sont modulées avec une fréquence porteuse de 8 kHz et dans la deuxième avec une fréquence porteuse individuelle de 20, 24 ... 60 et 64 kHz. Dans les deux cas, seule la bande latérale inférieure est utilisée. La figure 13 montre la manière classique de former un groupe A.

Mais l'établissement d'un système à 960 voies au moyen du groupe A n'est pas très pratique si l'on veut conserver le système de modulation utilisé généralement sur le plan international. Le groupe B, également normalisé par le CCIF, s'adapte particulièrement bien à ce système. Ceci nous conduit au désavantage d'avoir éventuellement dans la même station des groupes primaires A et B.

Le groupe primaire de base B comprend 12 voies dans la bande de 60 à 108 kHz. La figure 14 montre le principe de modulation qui s'est révélé le plus approprié et qui se rapproche étroitement de la technique éprouvée employée pour le groupe A; c'est-à-dire une première modulation à 8 kHz avec utilisation de la bande latérale inférieure et une deuxième modulation avec les fréquences porteuses individuelles de 56, 60...96 et 100 kHz, mais cette fois avec utilisation de la bande supérieure de modulation. Les voies seront alors transmises selon l'ordre inverse des fréquences, comme cela doit être le cas pour le groupe B.

Lorsqu'on a choisi ce groupe primaire B pour l'établissement du groupe principal, le procédé est ensuite relativement simple. En partant de 80 groupes primaires, on établit d'abord 16 groupes secondaires à 60 voies et ceux-ci sont transposés pour former enfin le groupe principal à 960 voies. Le groupe secondaire de base, comprenant 5 groupes primaires, est placé dans la bande de fréquences de 312 à 552 kHz. Les fréquences virtuelles zéro des voies se suivent régulièrement avec un espacement de 4 kHz. Toutes les voies sont placées dans l'ordre normal des fréquences. Les modulations de groupes se font avec les fréquences porteuses de 420, 468, 516, 564 et 612 kHz. La figure 15 montre le schéma de modulation.

Comme nous l'avons déjà vu, 16 groupes secondaires forment, normalement après une modulation

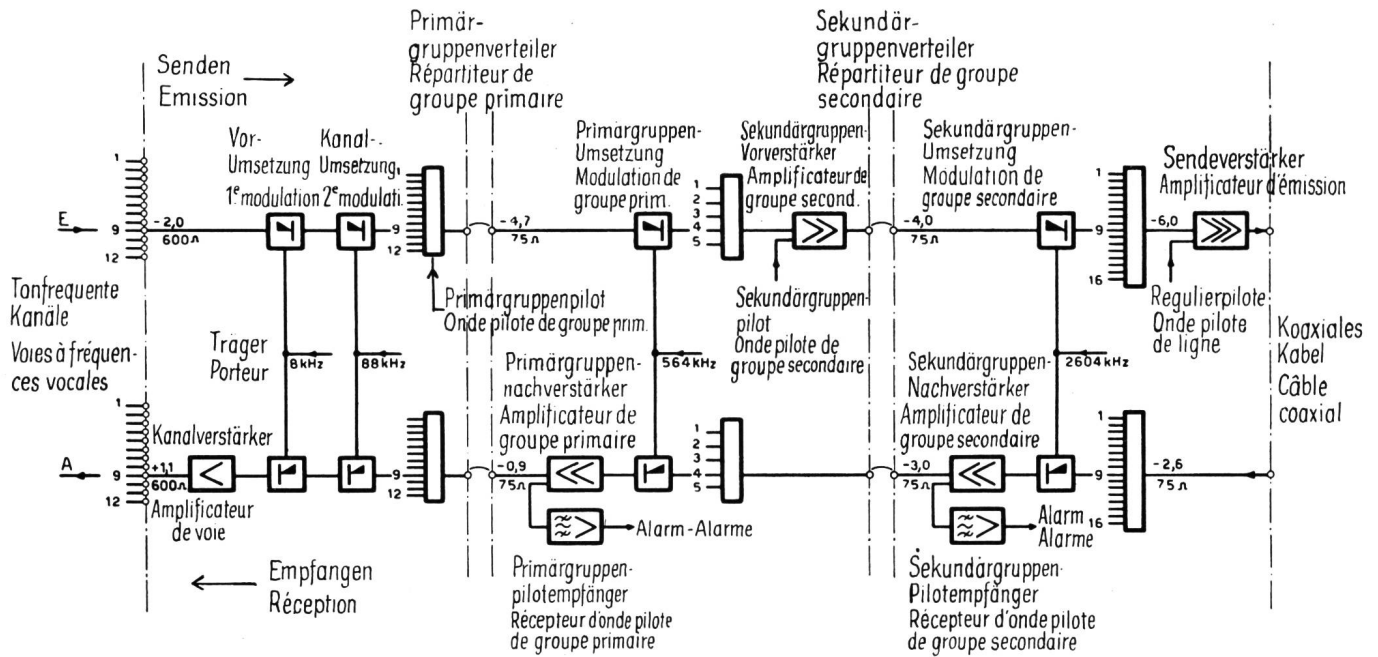


Fig. 16. Schaltung der Hauptgruppe — Connexion du groupe principal

Die *Tabelle I* orientiert über die herrschenden Impedanz- und Pegelverhältnisse.

Verteiler	Relativer Leistungspegel in Neper		Impedanz Ω	Schaltung
	Senden	Empfangen		
4-Draht	-2,0	+1,1	600	symmetrisch
Primärgruppe	-4,7	-0,9	75	unsymmetrisch
Sekundärgruppe	-4,0	-3,0	75	unsymmetrisch

Tabelle I. Pegel- und Impedanzverhältnisse, die in den verschiedenen Verteilpunkten herrschen

Am Eingang des Sendeverstärkers herrscht der relative Kanalpegel $-6,0$ N und am Ausgang des Empfangsverstärkers der koaxialen Leitung derjenige von $-2,6$ N, und zwar gleich für alle 960 Kanäle (vgl. Fig. 7). Beachtenswert ist der Umstand, dass ein Signal in der Senderichtung vier Modulationsstufen, aber nur zwei Verstärker, den Sekundärgruppenvor- und den Sendeverstärker, durchläuft; in der Empfangsrichtung dagegen werden für den gleichen Modulationsvorgang drei Verstärker, der Sekundärgruppennach-, der Primärgruppennach- und der Kanalverstärker, benötigt. Der Empfangsverstärker wird dabei als zur Leitung gehörend betrachtet.

Wie aus der *Tabelle I* und der Figur 16 hervorgeht, liegen die relativen Leistungspegel an den Verteilungspunkten in der Empfangsrichtung höher als in der Senderichtung. Dieser Umstand ermöglicht die Ergänzung des Systems durch Durchschaltfilter.

Neben den Kanälen umfasst die Hauptgruppe eine grosse Zahl verschiedener Pilote. Diese dienen der

de groupe individuelle, le groupe principal; seul le groupe secondaire 2 est introduit directement dans le groupe principal, car sa position en fréquence est la même que celle du groupe secondaire de base. Il est prévu entre chaque groupe secondaire un intervalle de fréquences qui permet de faciliter l'établissement ou la dislocation du groupe principal. Cet intervalle est généralement de 8 kHz, sauf pour celui situé entre les groupes 1 et 2, et respectivement 2 et 3, qui est de 12 kHz. La figure 16 montre la connexion du groupe principal, ainsi que les valeurs de niveaux et d'impédances aux points principaux.

De gauche à droite, les différentes modulations se présentent dans l'ordre suivant: modulation de voies, modulation de groupes primaires, modulation de groupes secondaires; dans le sens émission, un signal est généralement transposé de la basse fréquence en une fréquence plus élevée.

Pour donner au groupe principal, par lui-même assez rigide, la souplesse requise pour l'exploitation, on a prévu de faire passer les groupes primaires et secondaires par des répartiteurs spéciaux. Les groupes peuvent alors être répartis à volonté, comme c'est le cas pour l'entrée et la sortie basse fréquence des voies au répartiteur à 4 fils. Le tableau I donne les valeurs nominales des niveaux et des impédances aux répartiteurs.

Le niveau relatif de puissance à l'entrée de l'amplificateur d'émission est de -6 N et celui à la sortie de l'amplificateur de réception de la ligne est de $-2,6$ N; ces deux valeurs sont identiques pour les 960 voies (voir figure 7).

On peut remarquer qu'à l'émission, un signal traverse 4 étages de modulation, mais seulement deux amplificateurs: l'amplificateur de groupe secondaire

Überwachung bzw. Regulierung der einzelnen Bauelemente. Die beiden Leitungspilote mit den Frequenzen 308 und 4092 kHz wurden bereits behandelt. Sie dienen der hochfrequenten Kontrolle der Verbindungsleitungen zwischen den einzelnen Trägerämtern. Dementsprechend sind die Punkte, wo sie eingefügt bzw. abgespalten werden, geographisch fest; sie sind identisch mit den Anfängen bzw. Enden der koaxialen Leitungen.

Die einzelnen Primär- und Sekundärgruppen werden zusätzlich durch besondere Pilote überwacht. Diese begleiten ihre Gruppen im allgemeinen vom Orte ihrer Entstehung bis zum Orte ihrer Auflösung. Mehr und mehr dienen sie aber nicht mehr bloss der Überwachung, sondern auch der automatischen Regulierung der Restdämpfung zugeordneter Kanäle. Bei eingepegelten und gut regulierten Übertragungsleitungen sollten solche zusätzlichen Regulierungen einzelner Gruppen grundsätzlich nicht notwendig sein. Der praktische Betrieb hat aber gezeigt, dass es wünschenswert ist, durch Messungenauigkeiten und unvermeidliche Regulierungstoleranzen bedingte Betriebsdämpfungsschwankungen der Gruppen von $\pm 0,4$ N auf solche von $\pm 0,05$ N zu reduzieren.

Nach diesem Überblick über die grundsätzliche Schaltung der Hauptgruppe sollen in den folgenden Abschnitten die einzelnen Bauelemente näher behandelt werden.

B. Die Kanalmodulation

Die Figur 17 zeigt die tatsächliche Schaltung einer B-Gruppe, bestehend aus 12 Kanaleinheiten (gezeichnet ist nur eine) und den beiden Zusammenschaltungspolen, je einem für die Sende- und die Empfangsrichtung. Die einzelnen Kanäle umfassen im wesentlichen fünf Elemente, die in getrennten

Répartiteur	Niveau relatif en Népers		Impédance Ω	Connexion
	Emission	Réception		
4 fils	-2,0	+1,1	600	symétrique
Groupe primaire	-4,7	-0,9	75	asymétrique
Groupe secondaire	-4,0	-3,0	75	asymétrique

Tableau I. Niveaux et impédances dans les différents répartiteurs

et celui d'émission; par contre, à la réception, pour les mêmes étages de démodulation, le signal traverse trois amplificateurs: les amplificateurs de groupe secondaire, de groupe primaire et de voie. L'amplificateur de réception est considéré comme faisant partie de la ligne.

D'après le *tableau I* et la figure 16, les niveaux relatifs de puissance aux répartiteurs de groupe sont plus élevés côté réception que côté émission. Cette condition facilite la dérivation de groupes au moyen des filtres de transfert.

Le groupe principal comporte, à part les 960 voies, un grand nombre d'ondes pilotes, utilisées pour la surveillance ou la régulation des différents équipements. Les deux ondes pilotes de lignes, de fréquences 308 et 4092 kHz, ont déjà été décrites. Elles sont utilisées pour contrôler la liaison à large bande reliant les stations terminales. Donc, les points où elles sont introduites ou extraites sont fixés géographiquement; ils correspondent au début et à la fin de la liaison sur paires coaxiales.

Les groupes primaires et secondaires sont surveillés par des ondes pilotes spéciales, qui accompagnent

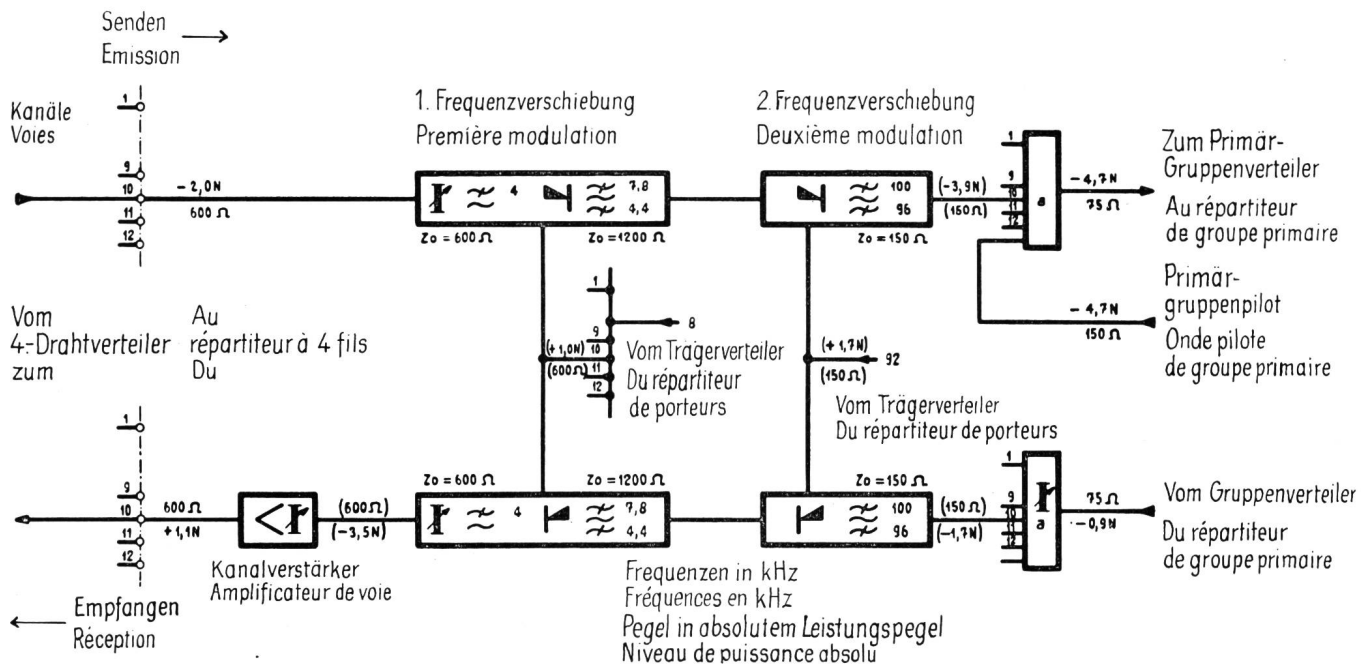


Fig. 17. Vereinfachte Schaltung einer Basisgruppe B — Schéma simplifié d'un groupe de base B

Bechern untergebracht sind, nämlich: die beiden doppelten Modulationsstufen für Sende- und Empfangsrichtung und den Kanalverstärker.

Die Schaltung der Kanäle erscheint einfach. Tatsächlich waren aber bei ihrer Entwicklung Schwierigkeiten zu überwinden, deren Ursache in der Anpassung an bestehende Systeme begründet ist. In der

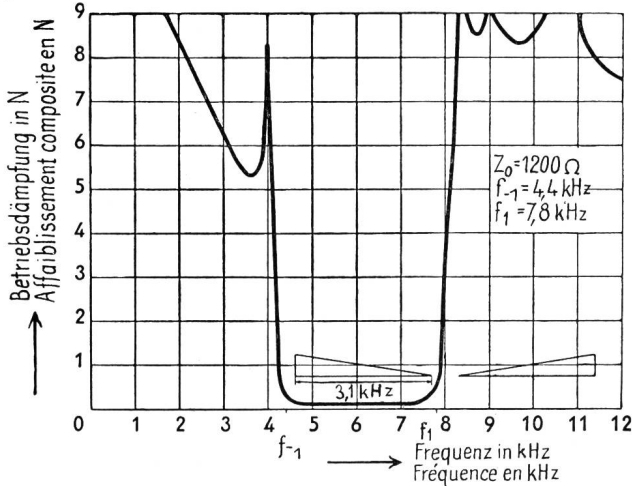


Fig. 18. Betriebsdämpfungs-Charakteristik eines 1. Modulationsfilters
 Caractéristique de l'affaiblisement composite d'un filtre de 1^{re} modulation
 Z_0 = Nennwert des Wellenwiderstandes
 Valeur nominale de l'impédance caractéristique
 f_1, f_{-1} = Theoretische Grenzfrequenzen
 Fréquences limites théoriques

Senderichtung steht nämlich für die doppelte Modulation, die Zusammenschaltung der Kanäle und die kopplungsfreie Zufügung des Gruppenpiloten nur eine Betriebsdämpfung von 2,70 N zur Verfügung. Berücksichtigt man, dass jede Ringmodulatorschaltung eine theoretische Betriebsdämpfung von 0,45 N verursacht und die Zusammenschaltung weitere 0,7 N erfordert, so folgt, dass für die Deckung der unvermeidlichen Verluste in den Übertragern und in den Spulen und Kondensatoren der Filter nur noch 1,1 N zur Verfügung stehen. In diesem Betrag ist zudem noch eine künstliche Dämpfung von 0,3 N eingeschlossen, die die Anpassung der Pegelverhältnisse erlaubt.

Bekanntlich werden die Frequenzgänge der Kanäle nicht nur bestimmt durch den Verlauf der Betriebsdämpfung in Funktion der Frequenz der einzelnen Filter im Durchlassbereich, sondern auch durch ihren modulatorseitigen Impedanzverlauf im Frequenzbereiche der zu sperrenden Seitenbänder. Üblicherweise werden diese Anpassungsschwierigkeiten Modulator-Filter durch das Dazwischenschalten von Dämpfungsgliedern gemildert. Im vorliegenden Falle schied aber diese Methode aus, weil sie zusätzliche Dämpfungen verursacht hätte. Die Eingangsimpedanzen der Filter mussten deshalb so korrigiert werden, dass sie auch im Sperrbereich einen stetigen Verlauf aufweisen. Die Figuren 18 und 19 zeigen den gemessenen Verlauf der Betriebsdämpfungscharakteristiken des ersten und eines zweiten Modulationsfilters. In der

leurs groupes respectifs depuis le point où ils sont constitués jusqu'au point de leur décomposition. Ces ondes ne servent pas seulement à la surveillance, mais de plus en plus à la régulation automatique de l'équivalent des voies empruntant le groupe. Sur une ligne de transmission bien établie et bien réglée, il ne semblerait pas nécessaire de prévoir un réglage supplémentaire de groupes. Mais la pratique a montré qu'il est désirable de réduire les variations d'affaiblissement, dues aux inexactitudes de mesures et aux tolérances inévitables des systèmes de réglage, d'une valeur de $\pm 0,4$ N à une valeur de $\pm 0,05$ N.

Après cet aperçu général sur l'établissement d'un système à 960 voies, nous allons examiner ci-après le détail des équipements.

B. La modulation de voie

La figure 17 montre comment est réalisé un groupe B, comprenant 12 voies, dont une seule est dessinée, et les deux coupleurs d'émission et de réception. Le panneau de voie comprend cinq éléments principaux placés dans des boîtiers rangés les uns à côté des autres. Ces éléments sont: les deux étages de modulation pour l'émission et respectivement la réception ainsi que l'amplificateur de voie.

La réalisation d'un groupe B semble facile. En réalité le développement de cet équipement s'est heurté à certaines difficultés provenant des conditions de niveaux qu'il fallut remplir pour adapter ces nouveaux équipements à ceux existant déjà aux PTT. En effet, dans la voie émission, l'affaiblissement pour les deux étages de modulation et le coupleur de voies et l'onde pilote doit être de 2,70 N. Comme l'affaiblissement théorique de chaque modulateur en anneau est de 0,45 N et que le coupleur apporte un affaiblissement additionnel de 0,7 N, il ne reste plus que 1,1 N pour couvrir les pertes inévitables dues aux transformateurs, bobines et condensateurs des filtres. Dans cette valeur est compris également l'affaiblissement d'une perte artificielle variable d'environ

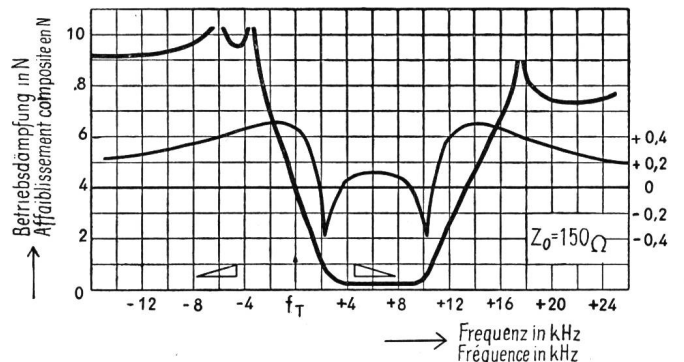


Fig. 19. Betriebsdämpfungs-Charakteristik eines 2. Modulationsfilters
 Caractéristique de l'affaiblisement composite d'un filtre de 2^e modulation
 Z_0 = Nennwert des Wellenwiderstandes
 Valeur nominale de l'impédance caractéristique
 f_T = Trägerfrequenz
 Fréquence porteuse

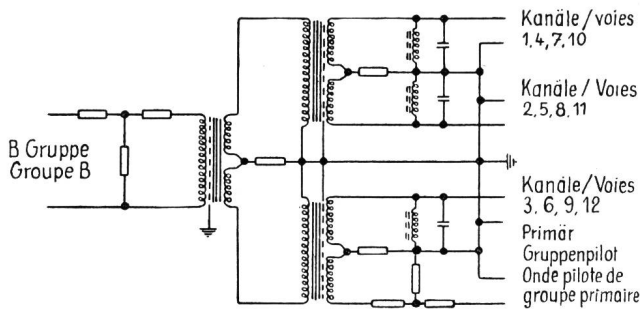


Fig. 20. Zusammenschaltungspol
Coupleur à quatre entrées

letzteren ist auch der Verlauf der Eingangsbetriebsimpedanz Seite Modulator aufgezeichnet.

Um zu erreichen, dass frequenzmässig gleichliegende Kanäle verschiedener Gruppen untereinander austauschbar sind, wurde die Zusammenschaltung der 12 Kanäle mittels einer klassischen Differentialschaltung mit vier entkoppelten Eingängen vorgenommen (Fig. 20). Davon werden drei für die Kanäle und einer für den Gruppenpiloten benötigt. Zu diesem Zwecke werden die 12 Kanäle zunächst in drei Untergruppen zu je vier Kanälen (1, 4, 7, 10 - 2, 5, 8, 11 und 3, 6, 9, 12) zusammengefasst und diese je einem Eingang zugeleitet. Parallelschwingkreise korrigieren die Impedanzverhältnisse, so dass sich die Ausgangs- bzw. Eingangsimpedanz einer Gruppe, auf der hochfrequenten Seite gemessen, möglichst dem nominellen Wert von 75 Ω nähert.

In der Figur 21 sind von 12 Kanälen einer Gruppe die Grenzen der Frequenzgänge der Senderichtung

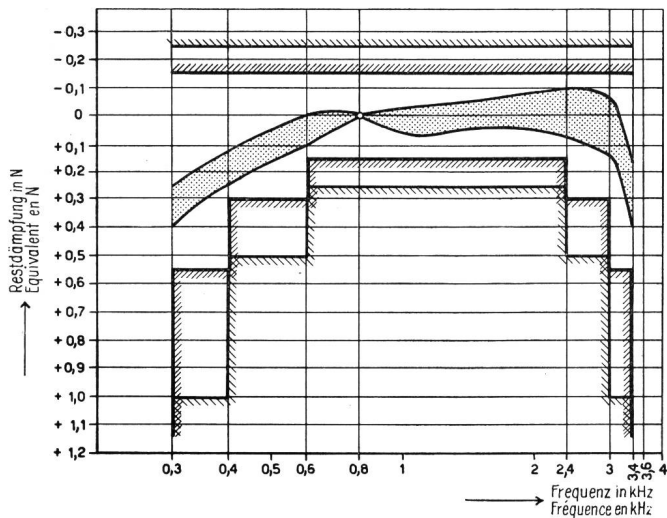


Fig. 22. Streuung der Restdämpfungs-Charakteristiken von 12 Kanälen einer B-Gruppe, bezogen auf 800 Hz im Endverkehr (nieder-nieder)
Variation de l'équivalent en service terminal des 12 voies d'un groupe B, par rapport à la valeur nominale à 800 Hz
 ▨ = durch die schweizerische PTT-Verwaltung zugelassene Werte
 — = Limites fixés par l'administration suisse des PTT
 ▨ = vom CCIF empfohlene Grenzwerte für internationale Trägerstromkreise
 ... = Limites recommandées par le CCIF pour circuits internationaux

0,3 N, permettant l'ajustage des niveaux d'émission dans certaines limites.

Il est connu que le niveau des voies en fonction de la fréquence ne dépend pas seulement de l'affaiblissement des filtres dans la bande passante. Il dépend également de la variation d'impédance de ces filtres, vue depuis le modulateur, dans la bande affaiblie. En général, ces difficultés d'adaptation des filtres aux modulateurs sont atténuées par l'insertion de pertes artificielles. Dans notre cas, cette méthode ne peut pas être employée en raison de l'affaiblissement supplémentaire qu'elle introduit. L'impédance d'entrée des filtres a donc dû être corrigée de façon à présenter une fonction continue même dans la bande affaiblie.

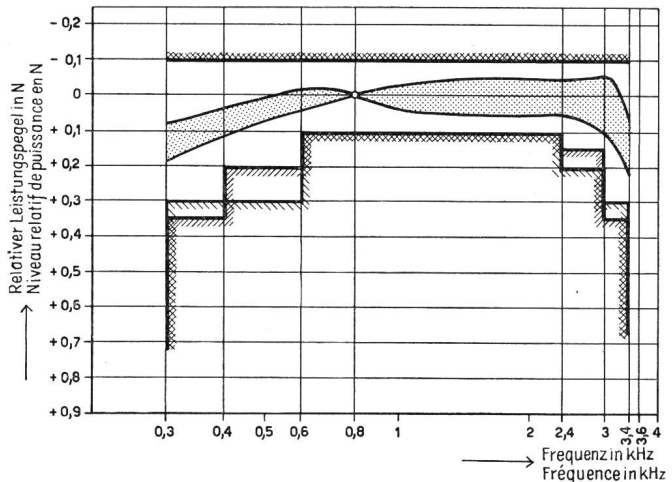


Fig. 21. Streuung der relativen Leistungspegel in Funktion der Frequenz von 12 Kanälen einer B-Gruppe in der Senderichtung (nieder-hoch), gemessen am Gruppenverteiler, bezogen auf die Frequenz $f_v + 800$ Hz; f_v = virtuelle Trägerfrequenzen der Kanäle
 Variation des niveaux relatifs de puissance des 12 voies, à la sortie de l'amplificateur d'émission, par rapport à la valeur nominale à $f_v + 800$ Hz; f_v = fréquences porteuses virtuelles des voies

Les figures 18 et 19 montrent les caractéristiques de l'affaiblissement composite mesurées sur les filtres de première et de deuxième modulation ainsi que pour ces derniers l'impédance d'entrée vue des modulateurs.

Pour rendre interchangeables les panneaux de voies de mêmes fréquences porteuses, mais de groupes différents, il a été choisi un coupleur du type classique à transformateurs différentiels avec 4 entrées découplées (figure 20). De ces quatre entrées, trois sont destinées aux couplages des voies, alors que la quatrième est prévue pour l'insertion du pilote de groupe. Les 12 voies sont tout d'abord assemblées en trois groupes (1, 4, 7, 10; 2, 5, 8, 11; 3, 6, 9, 12) reliés chacun à l'une des entrées. Des circuits accordés corrigent l'impédance d'entrée et de sortie du groupe, mesurée du répartiteur, de façon à la rapprocher le plus possible de sa valeur nominale de 75 ohms.

La figure 21 montre les valeurs extrêmes des niveaux en fonction de la fréquence, mesurés, dans le sens émission, sur 12 voies d'un groupe, alors que la

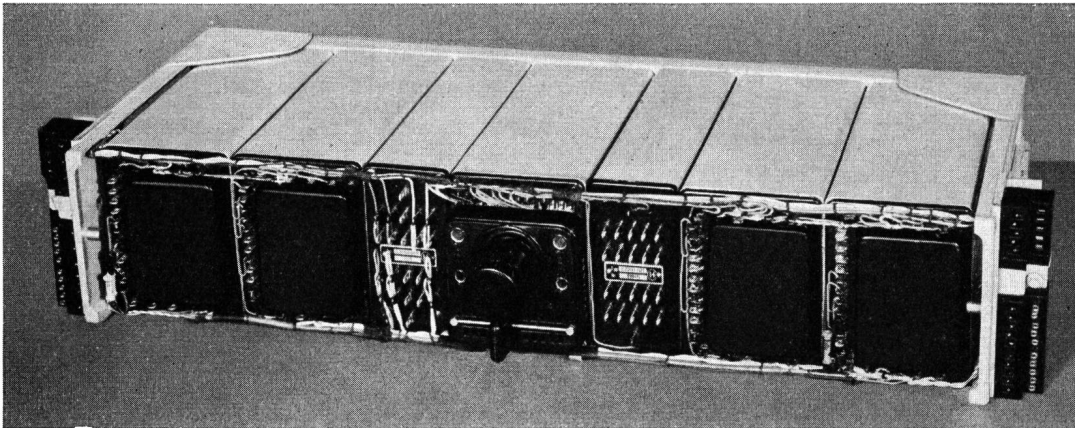


Fig. 23.
Kanal
Panneau de voie

und in Figur 22 diejenigen der Senderichtung und Empfangsrichtung einer geschauften Gruppe (Sendemit Empfangsende mittels eines geeigneten Verstärkers verbunden) in Funktion der Frequenz aufgezeichnet, zusammen mit den vom CCIF und der schweizerischen PTT-Verwaltung tolerierten Grenzwerten.

Die Nebensprechdämpfungen, gemessen zwischen irgend zwei Kanälen einer Gruppe, liegen durchwegs über 10 N. Auch das nichtlineare Nebensprechen, insbesondere dasjenige zwischen benachbarten Kanälen, kann, trotz der doppelten Modulation, als sehr gut bezeichnet werden.

Über die konstruktive Durchbildung eines kompletten Kanals orientiert die Figur 23 und über diejenige ganzer Gruppen – in eine Reihe zusammengestellt – die Figur 24.

Innerhalb einer normalisierten Bucht von der Höhe 2735 mm, der Breite 540 mm und der Tiefe 380 mm werden sowohl auf der Vorder- als auch auf der Rückseite je zwei Gruppen zu 12, total also 48 Kanäle, untergebracht. Die einzelnen Kanaleinheiten sind innerhalb der Buchten steckbar angeordnet, d. h. die Kabelformen der Einheiten werden mit denjenigen der Buchten über Stecker und Bügel zusammengeschaltet. Diese Bauweise hat sich beim Bau von Anlagen für die kommerzielle Nachrichtentechnik allgemein durchgesetzt und bietet die folgenden Vorteile:

- leichte und schnelle Auswechselbarkeit der Geräte,
- Zugänglichkeit aller Verbindungen zu Unterhaltungszwecken,
- Möglichkeit des stufenweisen Ausbaues,
- gute Zugänglichkeit der Einzelteile bei Reparaturen,
- Erleichterung im Transport und der Montage der Buchten.

Innerhalb der Einheiten befinden sich die einzelnen Becher, in welchen die Filter als wichtigste Elemente und auch alle übrigen Bauteile untergebracht sind. Sie sind mit einem elektrisch hochwertigem, nach dem Erhärten nicht mehr schmelzbaren Kunstharz ausgegossen (Araldit), so dass sie allen äusseren Ein-

figure 22 montre les valeurs extrêmes de l'équivalent en fonction de la fréquence des voies du même groupe connecté en boucle par un amplificateur approprié. Ces figures montrent également les limites recommandées par le CCIF et les prescriptions des PTT suisses. L'affaiblissement diaphonique mesuré entre deux voies d'un groupe est généralement supérieur à 10 N. Le bruit produit dans une voie par des conversations échangées sur les autres voies en général et sur les voies adjacentes en particulier, peut être qualifié de très faible, malgré le système à double modulation utilisé.

La figure 23 illustre la construction mécanique d'une voie complète alors que la figure 24 présente une vue de plusieurs groupes à 12 voies placés dans une rangée.

Un bâti normalisé de 2735 mm de hauteur, 540 mm de largeur et 380 mm de profondeur permet de placer, sur chaque face, deux groupes à 12 voies, soit au total 48 voies. Les panneaux individuels sont amovibles; les formes des câbles de ces derniers sont reliées à celles du bâti par des douilles et cavaliers. Cette disposition a été introduite d'une manière généralisée dans la construction des équipements utilisés dans le domaine des télécommunications; elle présente les avantages suivants:

- changement facile et rapide des panneaux;
- accès facile aux connexions pour les besoins de la maintenance;
- extension par étapes facilitée;
- bon accès des pièces détachées au cours des réparations;
- facilité de transport des bâtis et du montage.

Les panneaux sont composés de boîtiers juxtaposés renfermant les filtres en tant qu'éléments principaux ainsi que toutes les autres pièces détachées. Les espaces libres sont remplis d'une masse constituée par de la résine synthétique de haute qualité électrique (araldite), qui, après solidification, ne peut plus être liquéfiée. De cette façon, les éléments sont protégés des influences extérieures au profit d'une grande sécurité d'exploitation.

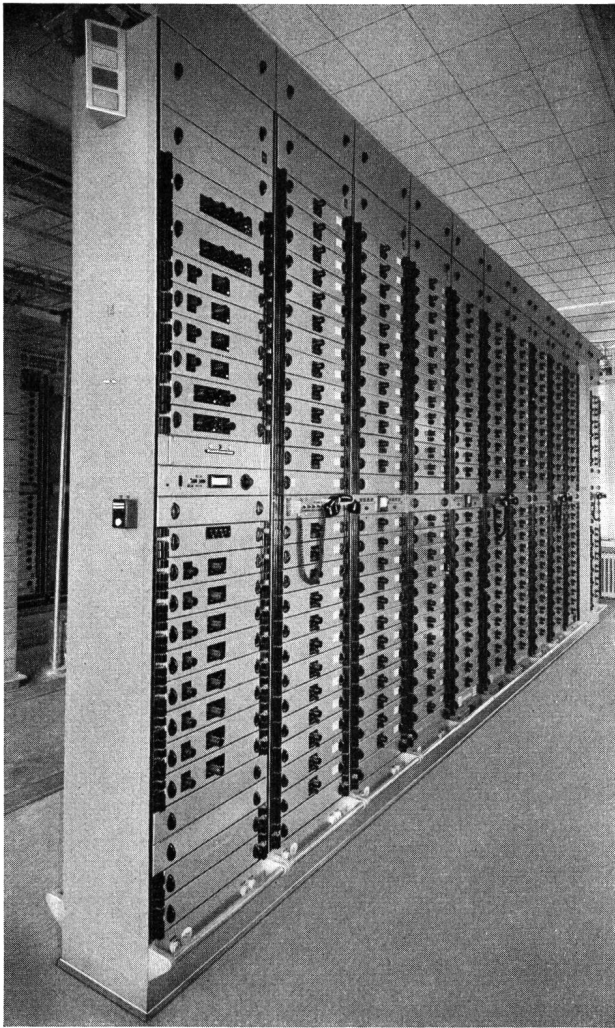


Fig. 24. Kanalausrüstung eines Trägeramtes. Links die Kanalträgerversorgung, rechts je zwei B-Gruppen umfassende Kanalbuchten

Equipement à courants porteurs d'une station terminale. A gauche, alimentation en courants porteurs; à droite, bâtis comprenant chacun deux groupes B

flüssen entzogen werden und dementsprechend eine ausgezeichnete Betriebssicherheit besitzen.

C. Die Primärgruppenmodulation

a) Die Gruppenumsetzer

Die Gruppenmodulationseinrichtungen dienen der Umwandlung von jeweils fünf Basisprimärgruppen und deren Zusammenfassung in Basissekundärgruppen und umgekehrt. Während es sich beim Entwurf von Frequenzverschiebungseinrichtungen der Kanäle nur darum handelt, ein gegebenes Signal aus dem niederfrequenten Frequenzbereich in einen trägerfrequenten Bereich zu verschieben, geht es bei der Konstruktion der Gruppenfrequenz-Verschiebungseinrichtungen um die Transponierung ganzer Gruppen aus einem bestimmten Trägerfrequenzbereich in einen anderen trägerfrequenten Bereich.

Es versteht sich, dass für solche Gruppenumsetzungen analoge Schaltungen, wie sie bei der Kanal-

C. La modulation de groupe

a) La modulation de groupe primaire

L'équipement de modulation de groupe primaire permet de transposer en fréquence cinq groupes primaires B et de les assembler en un groupe secondaire de base, et inversement. Si, dans le développement des équipements de modulation de voies, on n'a qu'à transposer un signal donné de la bande de fréquences vocales dans une bande supérieure, dans la construction des dispositifs de modulation de groupe, il faut transposer des groupes de voies d'une certaine bande de fréquences dans une autre bande de fréquences.

Il est clair que l'on a recours, pour ces transpositions, aux mêmes filtres passe-bande et modulateurs en anneaux que pour les modulations de voies. La figure 25 montre le procédé de transposition en fréquence d'un groupe, ainsi que les valeurs d'affaiblissement théoriquement nécessaires et celles effectivement mesurées d'un filtre passe-bande d'une modulation de groupe, en fonction de la fréquence.

Outre la suppression de la bande latérale non utilisée, la linéarité des caractéristiques électriques pose le plus grand problème. Les conditions demandées pour la non-linéarité sont en effet rigoureuses. L'affaiblissement harmonique doit avoir en général une valeur supérieure à $8N$, même pour un signal dont le niveau est supérieur de $2,5N$ au niveau relatif 0 d'une voie téléphonique au point considéré.

L'assemblage des cinq groupes primaires est effectué dans un coupleur spécial à quatre entrées déconnectées. Les groupes 1 et 5 sont reliés directement en parallèle et connectés à l'entrée a; les trois autres groupes sont reliés respectivement aux entrées b, c et d. Dans le sens émission, la sortie du coupleur

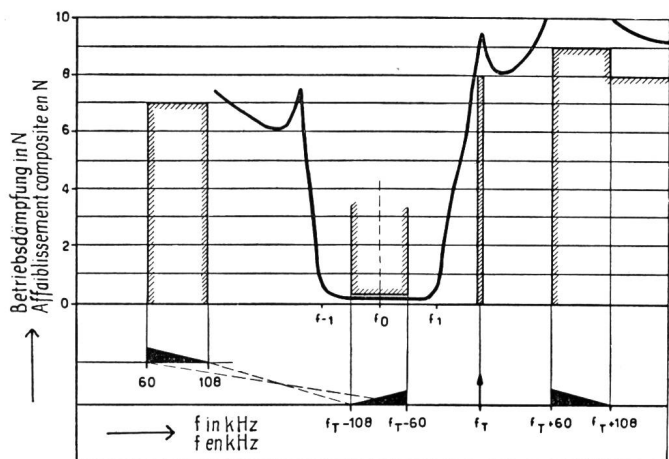


Fig. 25. Grundsätzlich zu fordernder und gemessener Verlauf der Betriebsdämpfung eines Gruppenmodulationsfilters. Limites de l'affaiblissement composite théoriquement nécessaire et courbe effectivement mesurée d'un filtre de modulation de groupe primaire

f_T = Gruppenträgerfrequenz

Fréquence porteuse de groupe primaire

f_1, f_{-1} = Theoretische Grenzfrequenzen

Fréquences de coupure théoriques

f_0 = Bandmittelfrequenz

Fréquence médiane de la bande passante

Z_0 = 150Ω

umsetzung üblich sind, verwendet werden, also Ringmodulatoren und Bandfilter. Die Figur 25 zeigt das Frequenzverschiebungsverfahren und den grundsätzlich zu fordernden, zusammen mit dem gemessenen Verlauf der Betriebsdämpfung eines Gruppenumsetzfilters.

Neben der Unterdrückung der nicht ausgenützten Seitenbänder des Modulators bildet die Linearisierung der Schaltung das grösste Problem. Die Forderungen, die bezüglich Klirrfreiheit gestellt werden müssen, sind sehr hoch. Die Klirrdämpfung soll im allgemeinen grösser als 8 N sein, und zwar auch noch bei einem Pegel, der um 2,5 N grösser ist als der relative Kanalpegel am betrachteten Orte.

Die Zusammenschaltung der fünf Gruppen erfolgt in einem besonderen Gruppenzusammenschaltungspol mit vier entkoppelten Eingängen. Die Gruppen 1 und 5 werden direkt parallel geschaltet und dem Eingang a zugeführt, die anderen drei Gruppen je einzeln den Eingängen b, c und d. In der Senderichtung wird das Sammelpolpaar der Differentialschaltung unmittelbar mit dem Eingang des Sekundärgruppen-Vorverstärkers in der Empfangsrichtung direkt mit dem Sekundärgruppenverteiler verbunden.

b) Der Sekundärgruppenverstärker

Der Sekundärgruppenverstärker besteht aus einem zweistufigen, stark gegengekoppelten Breitbandverstärker. Sein Verstärkungsgrad beträgt 3,0 N. Neben dem normalen Signaleingang bzw. -ausgang besitzt er einen entkoppelten Eingang bzw. Ausgang für die Zufügung bzw. Abspaltung des Sekundärgruppenpiloten.

Wie bei allen Verstärkern, die dazu dienen, eine Vielzahl von Kanälen gleichzeitig zu verstärken, wurde auch in diesem Falle auf grösste Betriebssicherheit geachtet. Der Verstärker ist deshalb in jeder der beiden Stufen mit parallelgeschalteten Röhren versehen. Dank der starken Gegenkopplung ändert sich der Verstärkungsgrad nicht, wenn irgendeine Röhre ausfällt. Um auch unabhängig zu sein von allfälligen Unterbrüchen in den Stromzuführungen, werden die Verstärker doppelt gespeist, und zwar sowohl bezüglich Anoden- als auch Heizspannung.

Der gleiche Verstärkertyp wird in der Senderichtung als Vor- und in der Empfangsrichtung als Nachverstärker verwendet.

c) Der Gruppennachverstärker

Sind in der Empfangsrichtung die einzelnen Gruppen einer Basissekundärgruppe aufgespalten, so müssen sie, bevor sie den einzelnen Kanalbuchten zugeleitet werden können, verstärkt werden. Dazu dient der zweistufige, stark gegengekoppelte Gruppennachverstärker, dessen Verstärkungsgrad 4,6 N beträgt.

Die Klirrdämpfung beträgt bei einer Ausgangsleistung von $-0,9$ N mindestens 8,0 N für die zweite und mindestens 8,5 N für die dritte Harmonische. An seinem Ausgange kann der Gruppenpilotempfänger koplungsfrei angeschaltet werden.

est reliée directement à l'entrée de l'amplificateur de groupe secondaire, alors que dans le sens réception l'entrée du coupleur est reliée au répartiteur de groupe secondaire.

b) L'amplificateur de groupe secondaire

L'amplificateur de groupe secondaire est un amplificateur à 2 étages avec une forte contre-réaction. Son gain est de 3 N. En plus de l'entrée et de la sortie normales du signal, il est équipé d'une entrée et d'une sortie indépendantes pour l'introduction ou l'extraction du pilote de groupe.

Comme pour tous les amplificateurs destinés à transmettre un grand nombre de voies, une grande sécurité d'exploitation s'impose ici également. A cet effet, les deux étages de l'amplificateur sont équipés de tubes en parallèle. Grâce à une forte contre-réaction, le gain n'est pas influencé par la défektivité d'un tube quel qu'il soit. Alimenté par deux sources d'énergie pour la tension d'anode comme pour le chauffage, l'amplificateur n'est pas affecté par des interruptions d'alimentation.

Le même type d'amplificateur est utilisé dans les deux sens émission et réception.

c) L'amplificateur de groupe primaire de réception

A la réception, les groupes primaires résultant de la division du groupe secondaire de base doivent être amplifiés avant d'être connectés aux bâtis de voies. Un amplificateur à deux étages à forte contre-réaction d'un gain de 4,6 N est prévu à cet effet.

L'affaiblissement de distorsion harmonique doit être, pour une puissance de sortie de $-0,9$ N, d'au moins 8,0 N pour le deuxième et 8,5 pour le troisième harmonique. Le récepteur d'onde pilote est connecté à une sortie indépendante.

Au cas où le niveau du groupe varie d'une manière inadmissible, cet amplificateur de groupe peut être transformé en amplificateur-régulateur. Commandé par le récepteur d'onde pilote, il peut réduire alors des variations de niveau des signaux de l'ordre de $\pm 0,4$ N à des valeurs de $\pm 0,05$ N.

Tout l'équipement nécessaire pour constituer un groupe secondaire de base est monté sur une face d'un bâti normalisé (figure 26).

D. La modulation de groupe secondaire

Les modulateurs de groupes secondaires ressemblent en principe aux modulateurs de groupes primaires. La différence essentielle est qu'il ne s'agit plus de la transposition d'un groupe à 12 voies mais d'un groupe à 60 voies. Alors que dans les modulateurs en anneau de voies et de groupes primaires, on utilise toujours des cellules cuivre-oxyde, les modulateurs des groupes secondaires requièrent l'emploi de cellules au germanium. La figure 27 montre l'affaiblissement en fonction de la fréquence d'un filtre utilisé et la figure 28 sa construction, qui est caractéristique pour des fréquences élevées.

In Fällen, in denen die Pegel der einzelnen Gruppen stark schwanken, kann der Gruppennachverstärker als Regelverstärker ausgebildet werden. Durch das Gruppenpilotsignal gesteuert, ist er alsdann in der Lage, Pegelschwankungen des Signals von $\pm 0,4$ N auf solche von $\pm 0,05$ N zu reduzieren.

Die ganze Ausrüstung zur Bildung einer Basissekundärgruppe bildet eine Einheit und ist auf einer einseitig ausgerüsteten Normalbucht untergebracht (Fig. 26).

D. Die Sekundärgruppenmodulation

Die Sekundärgruppenumsetzer entsprechen in ihrem Aufbau den Gruppenumsetzern. Der Unterschied besteht lediglich darin, dass es sich hier nicht mehr um die Umsetzung einer Gruppe zu bloss 12 Kanälen, sondern einer solchen zu 60 Kanälen handelt. Werden in den Kanal- und Gruppenmodulationsstufen durchwegs Kupferoxydul-Gleichrichterzellen verwendet, so werden bei den Sekundärgruppenumsetzern der hohen Frequenzen wegen Kristallmodulatoren eingesetzt. Die Figur 27 zeigt den Verlauf der Betriebsdämpfung eines verwendeten Filters und die Figur 28 seinen konstruktiven Aufbau, der charakteristisch ist für alle Filter höherer Betriebsfrequenz.

Auch in diesem Falle erfolgt die Zusammenschaltung der 16 Sekundärgruppen mittels einer Differentialschaltung. Diese besitzt vier entkoppelte Eingänge, so dass von den 16 Sekundärgruppen je vier direkt parallel geschaltet werden müssen. Die Filter sind so konstruiert, dass die Frequenzgänge der Gruppen dadurch nicht beeinflusst werden.

Die Einrichtungen für Sende- und Empfangsrichtung einer vollständigen Hauptgruppe werden getrennt untergebracht. Die Senderichtung benötigt eine halbe und die Empfangsrichtung eine ganze Bucht.

E. Die Durchschalteinrichtungen

Im praktischen Betrieb wird es selten vorkommen, dass die Hauptgruppe in der beschriebenen Weise

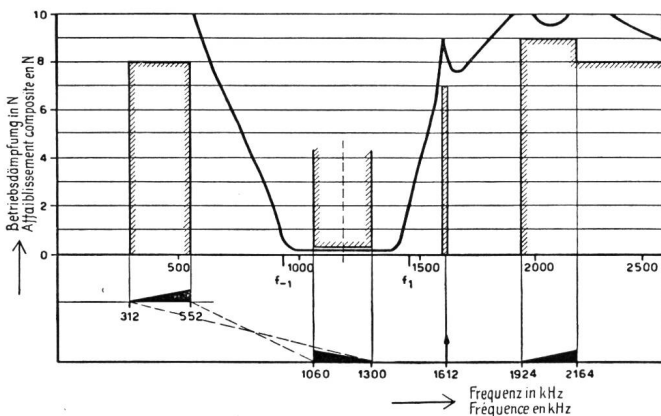


Fig. 27. Grenzkurve und gemessener Verlauf der Betriebsdämpfung eines Sekundärgruppen-Modulationsfilters
Limites de l'affaiblissement composite et courbe effectivement mesurée d'un filtre de modulation de groupe secondaire

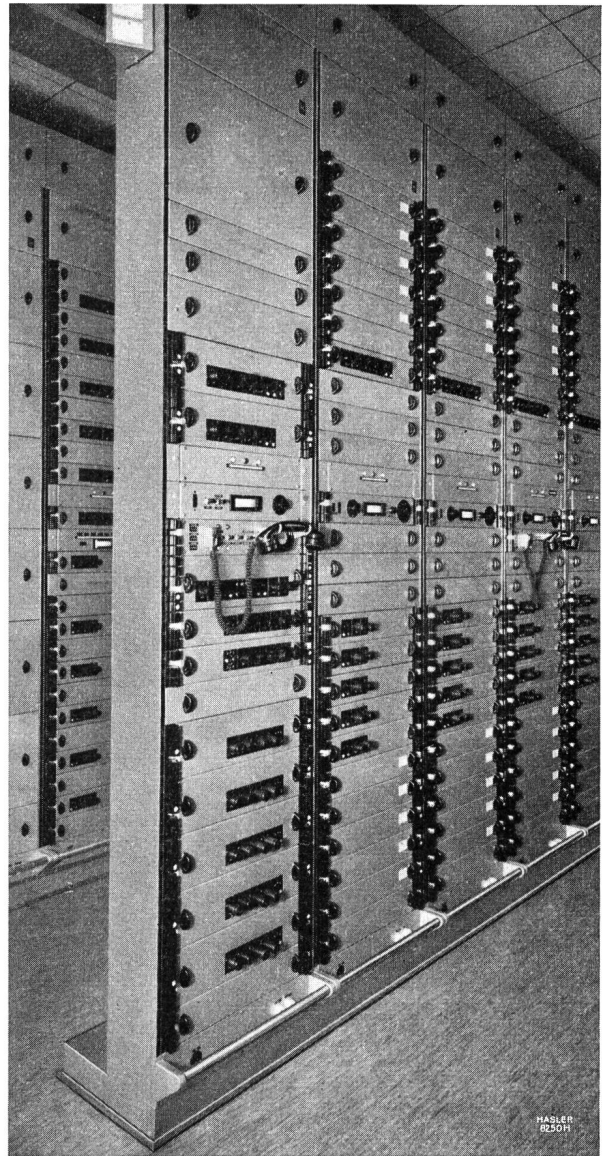


Fig. 26. Gruppenumsetzungsausrüstung eines Trägeramtes. Links die Gruppenträgerversorgung, rechts Buchten zur Bildung je einer Basissekundärgruppe
Equipement de modulation de groupes d'une station terminale. A gauche, alimentation en courants porteurs, à droite, les bâtis constituant chacun un groupe secondaire de base

Le couplage des 16 groupes secondaires se fait aussi au moyen de transformateurs différentiels. Ceux-ci ont quatre entrées découplées, de façon que des 16 groupes secondaires, quatre sont mis directement en parallèle sur chacune d'elle. Les filtres sont construits spécialement pour que les bandes de fréquences des groupes ne soient pas influencées.

Les panneaux pour l'émission et la réception du groupe à 960 voies sont montés séparément. Le sens émission nécessite une face de bâti et le sens réception un bâti complet.

E. Equipement de transfert

En pratique, le groupe à 960 voies décrit ci-dessus est rarement constitué entièrement en partant des voies d'une même station. Au contraire, il compren-

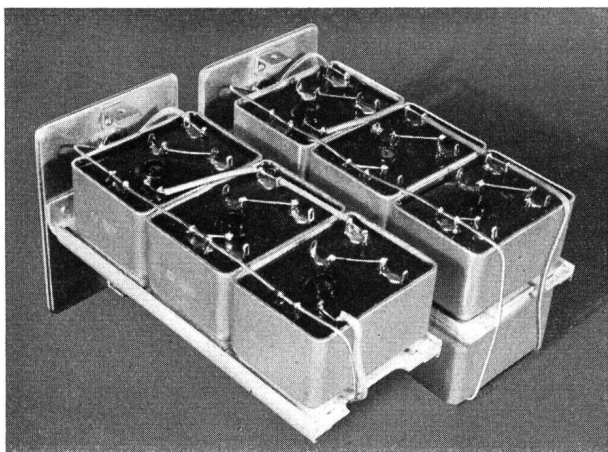


Fig. 28. Geöffnetes Sekundärgruppen-Modulationsfilter
Filtre de modulation de groupe secondaire, couvercle enlevé

vollständig durch einzelne Kanäle aufgebaut werden wird. Es wird vielmehr so sein, dass Teile der Hauptgruppe von fernen Trägerämtern zugeleitet werden, sei es als Bestandteile von anderen koaxialen Systemen, sei es als solche symmetrischer Mehrgruppen-

dra souvent aussi des groupes provenant d'autres stations de répéteurs, amenés par des systèmes à paires coaxiales ou à paires symétriques. Dans des cas semblables, il ne serait pas du tout économique de démoduler ces groupes jusqu'aux voies téléphoniques, de les transférer en basse fréquence et de les moduler à nouveau. Il est bien plus avantageux de transférer les groupes primaires, ou même secondaires, sans démodulation et remodulation directement dans le système sur paires coaxiales. La réalisation de cette méthode se heurte à certaines difficultés provenant du système même d'établissement du groupe à grand nombre de voies. Pour chaque transposition en fréquences, les bandes de fréquences latérales indésirables sont toujours éliminées par les filtres de modulation. L'application du principe des modulations successives espaçant notablement ces bandes latérales, les conditions imposées aux filtres quant à la pente des flans de leur caractéristique d'affaiblissement s'en trouvent considérablement réduites. Mais dans le sens réception, ces mêmes filtres laissent passer, en plus du groupe considéré, des bandes résiduelles provenant des groupes adjacents. Elles ne seront éliminées qu'au cours des démodulations suivantes. La connexion

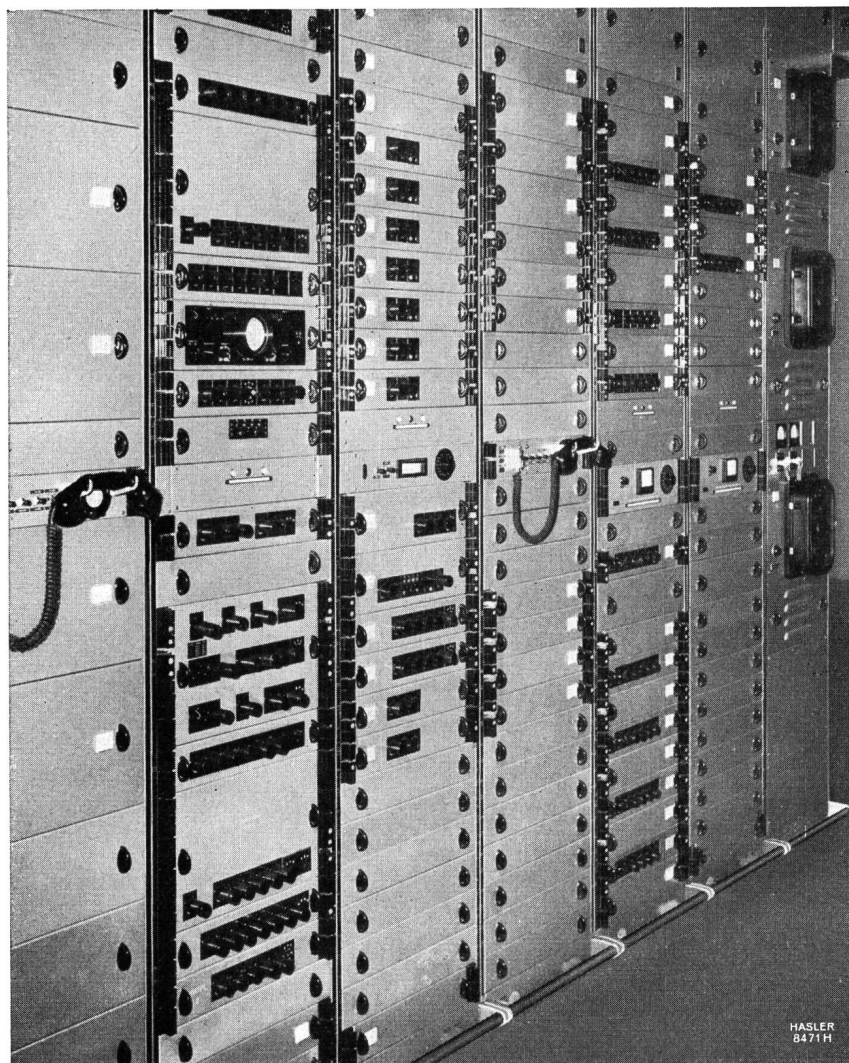
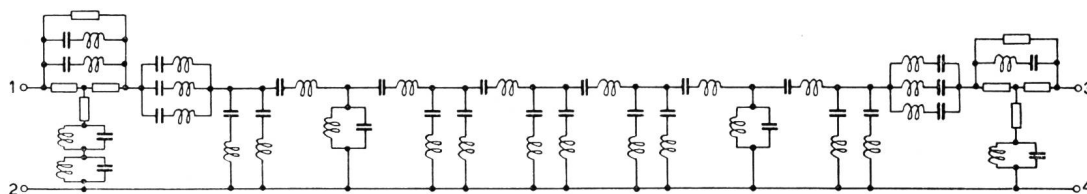


Fig. 29.
Generator- und Sekundärgruppenausrüstung eines Trägeramtes
Bâti des oscillateurs de base et équipement de groupes secondaires d'une station terminale

Fig. 30.
Aufbau eines B-Gruppen-Durchschaltfilters
Schéma de principe d'un filtre de transfert pour groupe primaire B



systeme. In solchen Fällen wäre es denkbar unwirtschaftlich, wenn diese Gruppen zunächst in Kanäle aufgelöst, tonfrequent durchgeschaltet und erneut moduliert würden. Viel zweckmässiger ist es, wenn ganze Primärgruppen oder sogar Sekundärgruppen ohne Demodulation und Remodulation direkt in das koaxiale System eingeführt werden können. Die Realisierung dieses Verfahrens stösst indessen auf gewisse Schwierigkeiten, die im Aufbauprinzip des Systems begründet sind. Bei allen Frequenzverschiebungen werden stets die entstehenden unerwünschten Seitenbänder durch die Modulationsfilter unterdrückt. Da diese Seitenbänder dank dem verwendeten Prinzip der fortschreitenden Frequenzverschiebung frequenzmässig weit auseinanderliegen, müssen an die Filter bezüglich Flankensteilheit ihrer Betriebsdämpfungscharakteristiken relativ kleine Forderungen gestellt werden. Dafür sind aber die demodulierten Gruppen stets links und rechts auf der Frequenzskala mit Anschlussbändern behaftet, die von benachbarten Gruppen herrühren und die erst bei der weiteren Zerlegung der Gruppen eliminiert werden. Bei der direkten Durchschaltung derartiger Gruppen würden aber diese Anschlussbänder zu starkem Nebensprechen führen. Sie müssen deshalb vor der Durchschaltung in besonderen Durchschaltfiltern von ihnen befreit werden. Die Forderungen, die an Durchschaltfilter gestellt werden, sind extrem hoch. Die Figur 30 zeigt den schematischen Aufbau und die Figur 31 den gemessenen Verlauf der Betriebsdämpfung eines B-Gruppendurchschaltfilters.

Die Betriebsdämpfung im Durchlassbereich beträgt 3,8 N. Diese grosse Dämpfung wurde absichtlich gewählt, damit sich diese Filter leicht in das bestehende Pegeldiagramm einordnen lassen. Wird nämlich ein solches Filter am Gruppenverteiler am Pegelpunkt -0,9 N angeschlossen, so lässt sich sein Ausgang unmittelbar mit dem Pegelpunkt -4,7 N verbinden, d. h. unmittelbar mit dem Eingang eines Gruppenumsetzers.

Analog den Gruppendurchschaltfiltern werden im modernen Trägerverkehr auch Durchschaltfilter benötigt, um ganze Sekundärgruppen von einem System ins andere überführen zu können. Dazu werden Sekundärgruppendurchschaltfilter verwendet.

F. Die Überwachungseinrichtungen

Neben den Kanälen werden über Trägerfrequenztelefonieanlagen ganz allgemein eine Anzahl Pilotfrequenzen übertragen. Bei Anlagen für symmetrische Kabel ist diese Zahl klein, bei solchen für koaxiale Kabel wird sie dagegen recht ansehnlich. Eine voll-

directe de tels groupes amènerait une diaphonie beaucoup trop élevée due à ces bandes résiduelles. Ces groupes doivent donc être libérés de ces bandes indésirables dans des filtres de transfert, avant leur connexion à d'autres systèmes. Les conditions imposées à ces filtres sont rigoureuses. La figure 30 montre le schéma de principe et la figure 31 la valeur mesurée de l'affaiblissement composite d'un filtre de transfert pour groupe primaire B.

L'affaiblissement composite dans la bande passante est de 3,8 N. Cette valeur importante a été fixée intentionnellement pour que le filtre puisse être inséré facilement dans la chaîne de transmission, en tenant compte des niveaux. En effet, un tel filtre peut être connecté au répartiteur de groupe entre le point -0,9 N correspondant à la réception d'un groupe primaire B et le point -4,7 N correspondant à l'entrée d'une modulation de groupe.

Comme pour le transfert des groupes primaires, les systèmes modernes de transmission nécessitent des filtres permettant le passage de groupes secondaires entiers d'un système à un autre. Ils sont appelés filtres de transfert de groupes secondaires.

F. Dispositifs de surveillance

Dans un système quelconque de téléphonie multiple à courants porteurs, un certain nombre d'ondes pilotes sont transmises à côté des voies téléphoniques. Dans une installation sur paires symétriques, ce nombre est petit, mais dans une installation sur

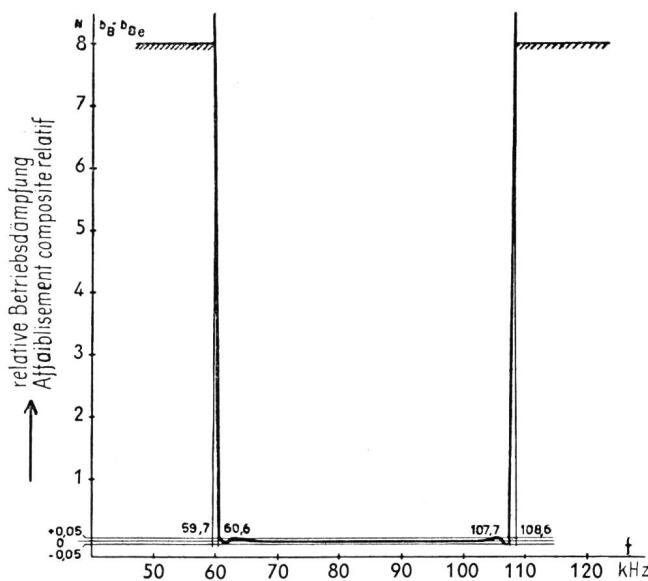


Fig. 31. Charakteristik der Betriebsdämpfung eines B-Gruppendurchschaltfilters
Affaiblissement composite d'un filtre de transfert de groupe primaire B

ständig ausgebaute Hauptgruppe kann neben ihren 960 Kanälen 80 Gruppen-, 16 Sekundärgruppen- und 2 Leitungspilote, total also 98 Pilote, enthalten; nicht gerechnet sind dabei allfällige Messfrequenzen, die nach Bedarf in die Frequenzlücken, die zwischen den einzelnen Sekundärgruppen bestehen, eingefügt werden können.

Diese Pilotfrequenzen dienen einerseits der Überwachung der betriebsmässig geschalteten Systeme, andererseits aber auch der Regulierung ihrer Pegelverhältnisse. Die *Tabelle II* gibt Aufschluss über die verwendeten Frequenzen und die Pegelverhältnisse.

Pilot	Frequenz kHz	Pegel ¹ N	Zweck
Primärgruppenpilot	84,080	—2,3	Überwachung und Regulierung der Primärgruppen
	84,140	—2,9	
Sekundärgruppenpilot	411,920	—2,3	Überwachung der Sekundärgruppen
	411,860	—2,9	
Leitungspilote	308	—1,2	Überwachung und Regulierung der HF-Leitung
	4092	—1,2	

¹ Absoluter Leistungspegel am Orte des relativen Pegels 0

Tabelle II. Zusammenstellung der innerhalb der Hauptgruppe verwendeten Pilotfrequenzen

Wie aus der Tabelle ersichtlich, stehen als Primärgruppenpilote das Frequenzpaar 84,080 und 84,140 kHz und als Sekundärgruppenpilote dasjenige von 411,920 und 411,860 kHz zur Verfügung. Je nach dem Bestimmungsort der Gruppen werden im internationalen Verkehr die eine oder die andere Frequenz oder das Gemisch der beiden eingesetzt. Im nationalen Verkehr werden einheitlich die Frequenzen 84,140 und 411,860 kHz verwendet.

Am Orte, wo innerhalb des Systems der relative Pegel 0 N herrscht, beträgt der absolute Leistungspegel für die Frequenzen 84,080 und 411,920 kHz —2,3 und —2,9 N für 84,140 und 411,860 kHz.

Die Wahl der Frequenzen und der Pegel steht in engem Zusammenhang mit dem Aufbau der individuellen Kanäle, d. h. ihrer Beeinflussung durch die Pilote und umgekehrt.

Je nach der Breite des Durchlassbereiches der Pilotempfängerfilter können nämlich tiefe Frequenzen der Kanäle 7 und hohe Frequenzen der Kanäle 6 die Ausgangssignale der Empfänger beeinflussen und damit Variationen der Pilotpegel vortäuschen. Solche Variationen müssen natürlich vermieden werden, insbesondere dann, wenn die Pilote der automatischen Regulierung der Restdämpfungen der Kanäle dienen. Andererseits entstehen in den demodulierten Kanälen Nr. 6 Störfrequenzen der Grösse 3920 bzw. 3860 Hz und in den Kanälen Nr. 7 solche von 80 bzw. 140 Hz. Je nach der Frequenzcharakteristik der Kanalfilter

paires coaxiales il devient assez important. Un système sur paires coaxiales équipé au complet comprend, les 960 voies mises à part, 80 ondes pilotes de groupe primaire, 16 de groupe secondaire et deux de ligne, soit un total de 98 ondes pilotes; les ondes additionnelles de mesure, envoyées au besoin dans l'intervalle de fréquences laissé entre les groupes secondaires, ne sont pas comprises dans ce nombre.

Ces ondes pilotes sont prévues d'une part pour la surveillance des groupes et d'autre part pour la régulation des niveaux. Le *tableau II* indique les fréquences utilisées et les conditions de niveaux.

Pilote	Fréquence kHz	Niveau ¹ N	Utilisation
Onde pilote de groupe primaire	84,080	—2,3	Surveillance et réglage des groupes de base
	84,140	—2,9	
Onde pilote de groupe secondaire	411,920	—2,3	Surveillance des groupes secondaires de base
	411,860	—2,9	
Onde pilote de ligne	308	—1,2	Surveillance et réglage de la ligne HF
	4092	—1,2	

¹ Niveau de puissance absolu mesuré à un point de niveau relatif zéro

Tableau II. Fréquences pilotes utilisées dans le cadre du groupe principal

Les deux fréquences de 84,080 et 84,140 kHz sont à disposition comme ondes pilotes de groupe primaire, alors que les fréquences 411,920 et 411,860 kHz sont utilisées comme ondes pilotes de groupe secondaire. Suivant la destination des groupes dans le service international, l'une ou l'autre des ondes pilotes ou les deux mélangées seront émises en permanence. Dans notre réseau national, seules les fréquences 84,140 et 411,860 kHz seront utilisées.

En un point de niveau relatif zéro, le niveau de puissance des ondes pilotes des groupes primaires ou secondaires sera de —2,3 N pour les fréquences de 84,080 et 411,920 kHz et —2,9 N pour 84,140 et 411,860 kHz.

Le choix des fréquences et des niveaux est en rapport étroit avec la construction des voies; en effet, les signaux vocaux et les ondes pilotes s'influencent mutuellement.

Suivant la largeur de la bande passante du filtre du récepteur pilote, les hautes fréquences des signaux vocaux de la voie 6 et les basses fréquences de ceux de la voie 7 peuvent faire varier le niveau de sortie du récepteur pilote et de ce fait, donner l'illusion que le niveau de l'onde pilote n'est pas constant. De telles variations doivent être évitées le plus possible, spécialement lorsque l'onde pilote est utilisée pour régler le gain de l'amplificateur de groupe. D'autre part, les ondes pilotes produisent, après démodulation, des

entstehen dadurch Geräuschspannungen, welche die zulässigen Werte überschreiten können.

Um die Beeinflussung der Pilote durch die Sprachsignale möglichst zu vermeiden, sollte der Pilotpegel hoch gewählt werden, klein sollte er dagegen sein, um die Geräuschspannungen innerhalb erträglicher Grenzen zu halten. Für kleinen Pegel spricht auch der Umstand, dass auf alle Fälle vermieden werden muss, dass die Ausrüstungen, insbesondere die Leitungsverstärker, durch die Summe aller Pilotspannungen zu stark belastet werden, weil dadurch sowohl lineares wie auch nichtlineares Nebensprechen zwischen den betriebsmässig geschalteten Kanälen entstehen könnte.

Die Wahl von $-2,3$ bzw. $-2,9$ N entspricht einem guten Kompromiss zwischen diesen verschiedenen Forderungen.

In der Senderichtung werden die Gruppenpilote ihren Gruppen entweder direkt über die Zusammenschaltungspole der Kanäle oder über besondere Differentialschaltungen, die sich am Eingang der Gruppenumsetzer befinden, zugefügt. Die Sekundärgruppenpilote erreichen ihre Sekundärgruppen über eigene Eingänge der Gruppenzusammenschaltungspole.

Um einfache und übersichtliche Verhältnisse zu schaffen, werden die absoluten Leistungspegel der einzelnen Pilotspannungen an den Eingangsklemmen gleich gross gewählt wie die relativen Leistungspegel der Kanäle an den entsprechenden Punkten. Die gewünschten Pegeldifferenzen werden intern durch geeignete Dämpfungsglieder erzeugt.

In der Empfangsrichtung dienen entkoppelte Ausgänge der Primärgruppen- und Sekundärgruppennachverstärker der Entnahme der Pilote, so dass sie in den Pilotempfängern unabhängig von den Belastungen der Signalausgänge empfangen werden können.

Die Gruppenpilotempfänger sind zweistufige, stark gegengekoppelte selektive Verstärker. Die Selektivität wird durch schmale Quarzbandfilter erreicht, welche ihren Eingängen vorgeschaltet sind. Die Forderungen, welche an die Frequenzcharakteristik dieser Filter gestellt werden müssen, sind aus den angeführten Gründen äusserst hoch. Die Figur 32 zeigt neben der Grenzkurve den gemessenen Verlauf der relativen Betriebsdämpfung eines solchen Filters. Beim Bau muss auf gute zeitliche Konstanz geachtet werden.

Die Ausgangssignale der einzelnen Pilotempfänger werden durch hochempfindliche Kontaktvoltmeter vom Typ «MIM» überwacht. Verändert sich ihr Pegel um mehr als $\pm 0,4$ N, so wird ein Warnungssignal, der sogenannte Voralarm, ausgelöst. Beträgt die Änderung mehr als $-0,8$ N und dauert sie mehr als 10 s, so erfolgt die automatische Blockierung der zugehörigen Kanäle über die Überwachungs- und Zählstromkreise in der automatischen Telephonzentrale. Gleichzeitig wird ein dringender Alarm verursacht.

fréquences parasites de 3920 et 3860 Hz dans la voie 6 et de 80 et 140 Hz dans la voie 7. Suivant la bande de fréquences du filtre de voie, la tension psophométrique produite peut, dans certains cas, dépasser les limites admissibles.

Pour éviter le plus possible les perturbations de l'onde pilote par les signaux vocaux, il faudrait élever le niveau de transmission de cette onde, alors qu'il faut le diminuer pour maintenir la tension psophométrique à une valeur raisonnable. Un autre argument pour maintenir le niveau à une faible valeur est qu'il faut éviter dans tous les cas que la puissance totale des ondes pilotes ne charge exagérément les équipements, spécialement les amplificateurs de ligne, car il peut en résulter de la diaphonie intelligible ou inintelligible sur les circuits téléphoniques.

Le choix de $-2,3$ respectivement $-2,9$ N représente un juste milieu entre ces diverses conditions.

L'onde pilote de groupe primaire est appliquée en principe au point où le groupe considéré est constitué, c'est-à-dire dans le coupleur de voies. Elle peut être également injectée dans une entrée spéciale des modulations de groupes primaires. L'onde pilote de groupe secondaire est appliquée à une entrée spéciale des coupleurs de groupes primaires.

Pour obtenir des conditions de niveau simples et pratiques, les niveaux absolus de puissance des ondes pilotes à l'entrée des coupleurs ont été choisis égaux aux niveaux relatifs de puissance des voies aux mêmes points. La différence de niveau désirée est obtenue par la connexion de pertes artificielles.

À la réception, les ondes pilotes sont reçues sur des sorties découplées des amplificateurs de groupe primaire ou secondaire, de sorte que leur niveau est indépendant de l'impédance de charge de la sortie pour les courants vocaux.

Le récepteur pilote se compose d'un amplificateur à deux étages et d'un filtre. Ce dernier, constitué par des cellules à quartz à bande passante très étroite, est connecté à l'entrée de l'amplificateur. Les conditions imposées pour la caractéristique de fréquence sont très sévères pour les raisons que nous avons vues. La figure 32 montre les limites imposées et la courbe mesurée de l'affaiblissement composite relatif d'un tel filtre. Le filtre doit être construit pour assurer une bonne constance des caractéristiques en fonction du temps.

Les niveaux de sortie des différents récepteurs pilotes sont surveillés au moyen de voltmètres à contacts à haute sensibilité du type MIM. Si le niveau varie de $\pm 0,4$ N, une alarme non urgente est déclenchée dans la station pour avertir le personnel que le groupe ne fonctionne plus normalement. Si la variation atteint une valeur de $-0,8$ N et dure plus de 10 secondes, les organes de commutation occupés sont relâchés et tous les circuits du groupe sont bloqués automatiquement. D'autre part, un compteur d'interruption enregistre le défaut et une alarme urgente est déclenchée.

Neben diesen Überwachungsausgängen besitzt jeder Empfänger einen weiteren Ausgang, der auf einen eingebauten Pegelzeiger geschaltet werden kann und gleichzeitig der Entnahme der Kontrollsignale für die Reguliervverstärker dient.

Die Sekundärgruppenpiloteempfänger sind analog aufgebaut. Das Signal 411,920 bzw. 411,860 kHz wird in einer Frequenzverschiebungsstufe mittels des Trägers 496 kHz in den Frequenzbereich der Primärgruppenpiloteempfänger verschoben und in einem solchen empfangen.

G. Die Trägerversorgung

a) Allgemeines

Das beschriebene Prinzip der fortlaufenden Frequenzverschiebung zur Erzeugung der Hauptgruppe benötigt die folgenden Trägerfrequenzen:

- Zwischenträgerfrequenz,
- Kanalträgerfrequenzen,
- Primärgruppenpiloterfrequenzen,
- Sekundärgruppenpiloterfrequenzen.

Alle diese Trägerfrequenzen sind ganze Vielfache der Grundfrequenz 4000 Hz. Mit Hilfe des Phänomens der Frequenzvervielfachung können sie deshalb von dieser abgeleitet werden.

Die Forderungen, die bezüglich Genauigkeit und zeitlicher Konstanz an die Frequenzen der einzelnen Träger gestellt werden müssen, sind hoch, gehen doch die Empfehlungen des CCIF dahin, dass der Frequenzfehler eines betriebsmässig geschalteten Kanals beliebiger Frequenzlage höchstens zwei Hz betragen soll. Da die höchste verwendete Träger-

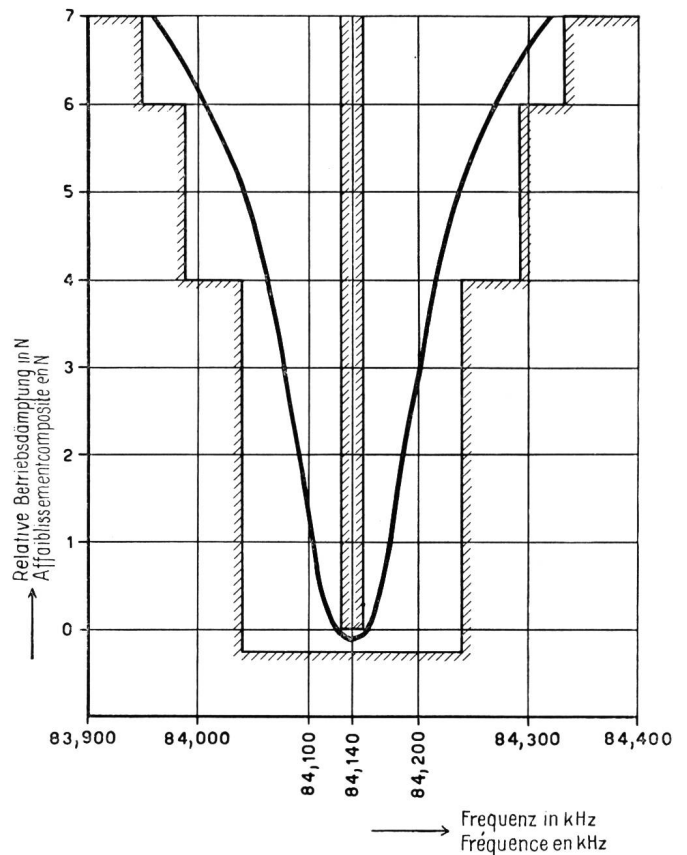


Fig. 32. Grenzkurve und gemessener Verlauf der Betriebsdämpfung in Funktion der Frequenz eines Gruppenpilot-Empfängerfilters
 Limites imposées et courbe mesurée de l'affaiblissement composite d'un filtre pour récepteur d'onde pilote de groupe primaire

Chaque récepteur pilote est muni, en plus de la sortie pour la surveillance, d'une sortie supplémentaire qui peut être reliée à un hypsomètre monté dans le bâti et permet également de dériver une partie de l'onde pilote pour la régulation de l'amplificateur de groupe.

Les récepteurs pilotes de groupe secondaire sont construits de manière analogue. L'onde pilote de fréquence 411,920 respectivement 411,860 kHz est démodulée, au moyen d'un porteur de 496 kHz, dans la bande de fréquences des récepteurs de groupe primaire et contrôlée par l'un de ceux-ci.

G. L'alimentation en courants porteurs

a) Généralités

Le principe décrit de la modulation par étapes successives pour l'établissement d'un groupe à 960 voies nécessite l'emploi des fréquences porteuses suivantes:

- fréquences porteuses de prémodulation;
- fréquences porteuses de voies;
- fréquences porteuses de groupes primaires;
- fréquences porteuses de groupes secondaires.

Toutes ces fréquences sont des multiples entiers de la fréquence de 4000 Hz. En utilisant le principe de la multiplication des fréquences, il est donc facile de

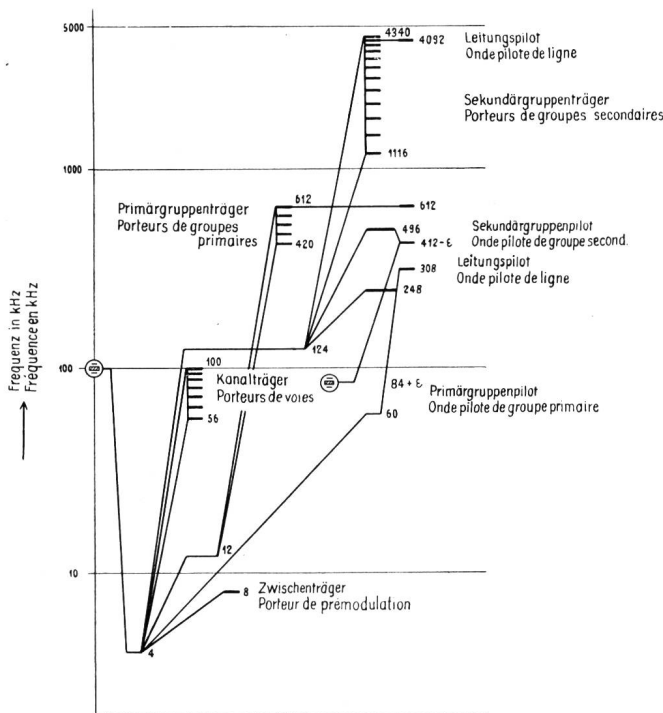


Fig. 33. Gerippe der Trägerfrequenzen einer Hauptgruppe
 Etablissement des fréquences porteuses d'un groupe principal à partir de la fréquence de base

frequenz 4340 kHz beträgt, ergibt sich im einfachen Falle, dass der Fehler nur durch zwei Endausrüstungen verursacht wird, eine zu fordernde Frequenzgenauigkeit von ungefähr $2 \cdot 10^{-7}$.

Diese zeitliche Konstanz wird im allgemeinen nur von Oszillatoren guter Quarzuhren erreicht. Als Grundlage der Trägerversorgungen von Endausrüstungen für koaxiale Kabel dienen denn auch solche quartzgesteuerte Oszillatoren, wobei die Quarzfrequenz mit 100 000 Hz festgelegt ist. Diese Frequenz wurde gewählt, weil im Bau dieser besonderen Oszillatoren am meisten Erfahrungen vorlagen.

Die zeitliche Konstanz der 100-kHz-Schwingung wurde mit $1 \cdot 10^{-7}$ festgelegt. Ausgehend von diesen 100 kHz, wird in einer Frequenzunterteilungsschaltung die Grundfrequenz 4000 Hz erzeugt.

Damit diese Genauigkeit erreicht werden kann, ist es notwendig, den Quarz und die dazugehörige Schwingröhre in einem Präzisionsthermostaten, der elektrisch gesteuert wird, unterzubringen. Andererseits muss der Frequenzunterteiler phasenstarr gebaut werden, damit die Trägerfrequenzen nicht frequenzmoduliert erscheinen, was zu Geräuschen in den Kanälen führen könnte.

Der Bau der Generatoren und Frequenzunterteiler erfolgte durch das Département Oscilloquartz der Firma Ebauches S.A. in Neuenburg, die grosse Erfahrungen in der Konstruktion solcher Ausrüstungen besitzt und die tatsächlich Einheiten geliefert hat, die den gestellten Anforderungen voll genügen (Fig. 29).

Wie und welche Trägerfrequenzen von der Grundschwingung abgeleitet werden, zeigt die Figur 33. Neben der Gewinnung der eigentlichen Träger ist dort auch die Bildung der verschiedenen Pilotfrequenzen dargestellt.

Wie der Figur 33 zu entnehmen ist, liefert die Trägerversorgung zunächst als tiefste verwendete Schwingung die Zwischenträgerfrequenz 8 kHz, die zur Vormodulation sämtlicher Kanäle benötigt wird. Dann folgen die eigentlichen Kanalträgerfrequenzen.

Die Gruppenträgerfrequenzen sind ungeradzahlige Vielfache von 12 kHz und werden einer besonderen $n \cdot 12$ -kHz-Versorgung entnommen. Die Sekundärgruppenträger endlich sind ungerade Harmonische von 124 kHz und werden ihrerseits von der $n \cdot 124$ -kHz-Versorgung geliefert. Dieses recht komplizierte Frequenzbildungsverfahren wurde gewählt, um den Bau der notwendigen individuellen Trägerfilter zu erleichtern.

Die einzelnen Bestandteile der Trägerversorgung wurden so dimensioniert, dass damit im Endausbau die Modulationseinrichtungen zweier vollständiger Hauptgruppen betrieben werden können.

Die Betriebssicherheit von 1920 Kanälen hängt also vom guten Funktionieren einiger weniger Geräte ab; es versteht sich, dass bei deren Bau alle Massnahmen getroffen wurden, um zu verhindern, dass

les dériver de cette onde initiale. Les conditions auxquelles doivent répondre les fréquences des différentes porteuses quant à leur exactitude et à leur stabilité dans le temps sont très sévères. En effet, le CCIF recommande que l'erreur de fréquence dans une voie, placée dans un spectre de fréquence quelconque, ne dépasse pas deux Hz. Comme la plus haute fréquence porteuse utilisée est 4340 kHz, dans le cas simple où l'erreur ne provient que de deux générateurs, il faut avoir une exactitude de fréquence d'au moins $2 \cdot 10^{-7}$.

Cette stabilité ne peut être obtenue généralement que par des oscillateurs de bonnes horloges à quartz. On utilise donc ceux-ci comme oscillateurs de base des sources à fréquences porteuses des équipements terminaux pour câble coaxial. La fréquence du quartz à été choisie à 100 000 Hz en raison de la grande expérience acquise dans la fabrication de ces oscillateurs spéciaux. La stabilité de la fréquence de 100 kHz a été fixée à $1 \cdot 10^{-7}$. En partant de cette onde, on obtient la fréquence de base de 4000 Hz dans un diviseur de fréquence de rapport 25 à 1. Pour obtenir cette précision, le quartz et le tube oscillateur doivent être placés dans un thermostat de haute précision commandé électroniquement. D'autre part, le diviseur ne doit pas introduire de distorsion de phase pour éviter les effets de scintillement qui provoquent du bruit sur les voies téléphoniques. La construction de ces oscillateurs et diviseurs a été confiée au département Oscilloquartz de la maison Ebauches S.A., Neuchâtel, qui possède une grande expérience dans ce genre d'équipement, et qui a effectivement livré des appareils répondant entièrement aux conditions posées (figure 29).

La façon dont les différentes fréquences porteuses sont tirées de la fréquence de base de 4000 Hz ressort de la figure 33. Outre la génération des fréquences porteuses proprement dites, on y voit l'établissement des ondes pilotes de groupes et de lignes. On remarque également que l'alimentation à courants porteurs livre premièrement la porteuse de prémodulation de 8 kHz commune à toutes les voies, puis les porteuses individuelles de voies.

Les fréquences porteuses de modulation de groupes primaires sont toutes des multiples impairs de 12 kHz tirées d'un générateur d'harmoniques 12 kHz. Les fréquences porteuses des groupes secondaires supérieurs sont des harmoniques impairs de 124 kHz et dérivées d'un générateur d'harmoniques 124 kHz. Cette méthode de génération de fréquence relativement compliquée a été choisie afin de faciliter la construction des filtres à fréquences porteuses.

Tous les éléments de l'alimentation à fréquences porteuses ont été dimensionnés de manière à pouvoir alimenter tous les modulateurs de deux groupes à 960 voies équipés au complet.

Ainsi, la sécurité d'exploitation de 1920 voies dépend en partie du bon fonctionnement de quelques appareils. Il est donc compréhensible que leur cons-

durch das Ausfallen eines Gerätes ein vollständiger Unterbruch der Anlagen eintreten könnte. Es wurden deshalb die 100-kHz-Hauptoszillatoren, zusammen mit den zugehörigen Unterteilungsstufen, sowie die 4-, 12- und 124-kHz-Vervielfacher doppelt ausgerüstet.

Die Ausgänge der einzelnen Gerätepaare sind mit den zugehörigen Sammelschienen über automatische Umschalteinrichtungen verbunden, die dafür sorgen, dass ihre Signale dauernd nach Frequenz und Amplitude überwacht werden und bei den geringsten Unregelmässigkeiten die notwendigen Umschaltungen einleiten. Die Umschalzeiten betragen mit Rücksicht auf allfällige über die Anlagen übertragene Telegraphiesignale höchstens 0,003 s. Es versteht sich, dass auch die nicht unmittelbar mit den Sammelschienen verbundenen Geräte überwacht werden.

Um zu vermeiden, dass einzelne Teile der Geräte gesperrt, also nicht unmittelbar überwacht werden können, erfolgen sämtliche Umschaltungen mittels polarisierter Relais.

In grossen Ämtern, wo zwei unabhängige Stromversorgungen vorhanden sind, werden alle Geräte I durch die eine und alle Geräte II durch die andere Versorgung bedient, so dass auch allfällige Ausfälle in der Energiezuführung nicht zu Unterbrüchen führen können.

b) Die Vervielfacher

Wesentliche Bestandteile der Trägerversorgungen sind die Vervielfacher. Mit ihrer Hilfe ist es möglich, aus einer gegebenen Grundschwingung eine grosse Zahl Oberschwingungen zu erzeugen. Die Theorie solcher Schaltungen ist bekannt. Im Gegensatz zu früheren Bauweisen, wo synchronisierte Sperrschwinger verwendet wurden, verlangen zusätzliche Phasenbedingungen in Trägerversorgungen für koaxiale Kabel die direkte Umformung der meist sinusförmigen Grundschwingungen in scharfe Spannungsspitzen. Am zweckmässigsten wird so vorgegangen, dass das umzuformende Signal zunächst scharf begrenzt wird. Dazu dienen Kristalldioden oder auch Elektronenröhrenschaltungen. In einer nachfolgenden Differentiationsstufe wird der gewünschte Spannungsimpuls erzeugt und anschliessend verstärkt. Dort, wo nur eine bestimmte Auswahl von harmonischen Frequenzen gewünscht wird, wie dies z. B. im 12-kHz-Vervielfacher der Fall ist, wird das Signal vor der Verstärkung durch ein Filter geleitet, um eine bessere Ausbeute der benötigten Frequenzen zu erzielen.

Am Eingang der einzelnen Vervielfacher befinden sich Filter, welche die zu vervielfachenden Frequenzen scharf aussieben, die also verhindern, dass unerwünschte Frequenzen vervielfacht werden. In ihren Sperrbereichen besitzen diese Filter Garantiedämpfungen von mindestens 10,0 N. Der n·4-kHz-Vervielfacher ist mit einem elektromechanischen, der n·12-mit einem Spulen- und der n·124-kHz-Vervielfacher mit einem Quarzfilter versehen.

struction ait été conçue de telle sorte qu'un dérangement de l'un d'eux n'entraîne pas une interruption totale de l'installation. A cet effet, les oscillateurs 100 kHz, les diviseurs, les générateurs d'harmoniques 4, 12 et 124 kHz sont équipés en double. Les paires de sortie des appareils similaires sont reliées à la barre collectrice correspondante par l'intermédiaire d'un panneau de commutation automatique auquel incombe le devoir de surveiller le signal en fréquence et en amplitude et, en cas de légère déviation de l'un ou de l'autre, de commander les commutations nécessaires. Le temps de commutation d'un appareil sur l'autre ne doit pas, dans la plupart des cas entrant pratiquement en ligne de compte, excéder la valeur de 0,003 seconde, afin d'éviter la mutilation de signaux télégraphiques qui peuvent être émis sur certaines voies. Il est bien entendu que les appareils qui ne sont pas reliés directement à la barre collectrice doivent être également surveillés.

Pour éviter que certaines parties des appareils soient bloquées et qu'ainsi elles ne soient plus directement contrôlées, toutes les commutations sont exécutées sur les paires de sortie des appareils au moyen de relais polarisés.

Dans toutes les stations terminales de câble coaxial, on a prévu deux sources d'énergie séparées qui permettent d'alimenter les appareils I indépendamment des appareils II. De ce fait, un dérangement d'une de ces sources ne perturbe pas les courants porteurs principaux.

b) Générateurs d'harmoniques

Les générateurs d'harmoniques représentent une partie importante de l'alimentation à courants porteurs. Ils permettent, en partant d'une onde de base, de produire un grand nombre d'harmoniques. La théorie de tels dispositifs est bien connue. Du fait de la rigueur des conditions de phase des fréquences porteuses de groupes secondaires, il fallut abandonner l'ancienne méthode des générateurs à bascule synchronisés pour une nouvelle méthode permettant la transformation directe de l'onde de base généralement sinusoïdale en impulsions de tension très courtes. La méthode utilisée consiste premièrement à limiter très fortement la tension à transformer, au moyen de cellules au germanium ou de tubes électroniques. Cette tension est ensuite différenciée dans un étage suivant et les impulsions résultantes amplifiées. Au cas où seul un petit nombre d'harmoniques est désiré, comme c'est le cas pour le générateur 12 kHz, il faut introduire un filtre à l'entrée de l'amplificateur pour obtenir une puissance disponible plus grande des ondes désirées.

L'entrée de chaque générateur d'harmonique doit être pourvue d'un filtre destiné au seul passage de la fréquence à multiplier, pour éviter que des fréquences indésirables soient également multipliées. Dans les bandes affaiblies, ce filtre doit présenter un affaiblissement d'au moins 10 N. Le générateur d'harmonique 4 kHz est muni d'un filtre mécanique, le générateur

c) Die Kanalträgerversorgung

Ausgehend vom $n \cdot 4$ -kHz-Gemisch, das über die $n \cdot 4$ -kHz-Versorgung gewonnen wird, liefert die Kanalträgerversorgung die individuellen Kanalträgerfrequenzen 56, 60...96 und 100 kHz und die Zwischenträgerfrequenz 8 kHz. Dazu dienen besondere Trägerverstärker, die jeder Frequenz zugeordnet sind.

Ein Kanalträgerverstärker besteht aus einer Vor- und einer Endstufe, die über ein hochselektives Quarzfilter gekoppelt sind. Zusammen mit dem kleinen Spulenfilter am Eingang der Verstärker beträgt seine Sperrdämpfung im Abstand von ± 4 kHz von der Durchlassmitte mindestens 10 N. Diese Tatsache erklärt die sehr hohen Nebensprechdämpfungen zwischen verschiedenen Kanälen ein und derselben Gruppe.

Die 8-kHz-Trägerverstärker sind analog aufgebaut. Auch sie besitzen eine Eingangs- und eine Ausgangsstufe, wobei letztere als Gegentakt ausgebildet ist.

Die Verteilung der Energie der einzelnen Kanalträgerfrequenzen auf die zugeordneten Kanäle erfolgt in einem Trägerverteiler. Neben den notwendigen Verteilfeldern enthält er die Übertrager, die dafür sorgen, dass die Kanalmodulatoren mit konstanten Spannungen von 2,1 Volt versehen werden. Sie setzen zudem die inneren Widerstände der Quellen so weit hinunter, dass frequenzmässig gleichliegende Kanäle verschiedener Gruppen, die durch diese Quellen gespeist sind, nicht gekoppelt werden. Auch hier werden leicht Nebensprechdämpfungen grösser als 9 N erreicht.

Schutzwiderstände verhindern das Umsichgreifen allfälliger Störungen innerhalb einzelner Modulatoren.

Die Spannungspegel, die an den Ausgängen der einzelnen Kanalträgerverstärker herrschen, werden dauernd überwacht, und Alarmstromkreise lösen Alarme aus, bevor die Trägerspannungen auf Werte sinken, die für einen einwandfreien Betrieb unzulässig sind. Dank dem Umstand, dass die Betriebsdämpfungen der einzelnen Modulationsschaltungen auf Spannungsschwankungen der Träger wenig anfällig sind, solange wenigstens bestimmte Werte nicht unterschritten werden, wird diese Überwachung erleichtert.

Eine Kanalträgerhalbbaucht erlaubt die Speisung von 20 B-Gruppen.

d) Die Primär- und Sekundärgruppenträgerversorgung

Gepeist durch die $n \cdot 12$ -kHz-Versorgung, liefern die Gruppenträgerverstärker die für die Bildung von 8 Basissekundärgruppen benötigten Gruppenträger mit den Frequenzen 420, 468, 516, 564 und 612 kHz. Sie sind an ihren Eingängen mit Bandfiltern, aufgebaut aus Spulen und Kondensatoren, versehen, die die gewünschten Frequenzen dem $n \cdot 12$ -kHz-Gemisch entnehmen. Das ausgefilterte Signal wird in einem zweistufigen Verstärker verstärkt. Diese Stufen besitzen parallelgeschaltete Röhren. Die Schal-

de 12 kHz d'un filtre à bobines alors que celui de 124 kHz est pourvu d'un filtre à quartz.

c) L'alimentation en courants porteurs de voies

L'alimentation en courants porteurs des voies donne les fréquences porteuses individuelles de 56, 60...96 et 100 kHz ainsi que la fréquence porteuse de 8 kHz de la prémodulation, en partant du signal livré par le générateur d'harmonique 4 kHz. A cet effet, on utilise des amplificateurs spéciaux attribués à chaque fréquence porteuse.

Chaque amplificateur de porteur de voie se compose d'un étage d'entrée et d'un étage de sortie couplés par un filtre à quartz à haute sélectivité. Avec le petit filtre à bobines placé à l'entrée de l'amplificateur, l'affaiblissement des fréquences situées à ± 4 kHz du milieu de la bande passante doit être au moins de 10 N. Ce fait explique les hautes valeurs de diaphonie existant entre les voies d'un même groupe.

Les amplificateurs pour le porteur de 8 kHz sont construits de manière analogue. Ils ont également un étage d'entrée et un étage de sortie, mais ce dernier a un montage push-pull. La distribution de l'énergie de chaque onde porteuse aux voies qui lui sont attribuées se fait dans un répartiteur de courants porteurs. En plus des réglettes habituelles, il contient également les transformateurs qui adaptent la tension de l'onde porteuse aux 2,1 volts nécessaires aux modulateurs de voies. Ils abaissent aussi suffisamment l'impédance interne de la source pour qu'il n'y ait pas de couplage entre les voies de même fréquence et de groupes différents alimentés par cette onde. Il est possible ainsi d'obtenir facilement des valeurs de diaphonie supérieures à 9 N.

Des résistances de protection empêchent que des défauts dans les modulateurs perturbent la distribution du porteur.

Le niveau de sortie de chaque amplificateur de porteur est surveillé en permanence; le circuit de surveillance déclenche une alarme avant que le niveau de l'onde porteuse ne soit descendu à une valeur inférieure à celle demandée pour une bonne exploitation. L'affaiblissement composite des modulateurs étant peu sensible aux variations de niveau du porteur, aussi longtemps qu'il ne descend pas au-dessous d'une certaine limite, cette surveillance est grandement facilitée.

Un bâti de porteurs de voies permet l'alimentation de 20 groupes B.

d) L'alimentation en courants porteurs des groupes primaires et secondaires

Les amplificateurs à courants porteurs pour les modulateurs de groupes primaires sont alimentés par le signal provenant du générateur d'harmonique 12 kHz. Ils peuvent alimenter les modulateurs nécessaires pour former 8 groupes secondaires de base avec les fréquences de 420, 468, 516, 564 et 612 kHz. Ils sont munis, à l'entrée, de filtres passe-bande composés de bobines et de condensateurs, qui éliminent les harmo-

tung erlaubt die Speisung der Verstärker durch zwei unabhängige Stromversorgungen. Damit wird erreicht, dass die Verstärker sowohl gegen Röhrenausfall als auch gegen Unterbrüche in der Energiezuführung relativ unempfindlich sind. Es versteht sich, dass die Anodenströme der einzelnen Röhren überwacht werden.

In analoger Weise werden die Sekundärgruppen-träger erzeugt. Die einzelnen Verstärker erlauben die Speisung von zwei Hauptgruppen. Um eine völlige Entkopplung der gespeisten Sekundärgruppenum-setzer zu erreichen, besitzen die Ausgänge der Verstärker Differentialschaltungen mit vier entkoppelten Ausgängen (Fig. 29).

H. Schlussfolgerungen

Der Entschluss, in einer verhältnismässig kurzen Zeit eine koaxiale Verbindung Schweiz-Frankreich zu erstellen, hat die schweizerische PTT-Verwaltung, die bis anhin auf diesem Gebiete nur über wenig Erfahrung verfügte, vor grosse Probleme gestellt.

Dank dem Entgegenkommen der französischen PTT-Verwaltung, die in zuvorkommender Weise alle für den Bau der Zwischenverstärker notwendigen technischen Unterlagen zur Verfügung stellte, und der Erfahrung, welche die Firma Hasler AG. im Bau und der Fabrikation von Trägerfrequenzsystemen auf symmetrischen Aderpaaren besass, war es diesem Unternehmen in enger Zusammenarbeit mit der schweizerischen PTT-Verwaltung möglich, rasch alle Ausrüstungen herzustellen, welche für den Betrieb eines koaxialen Kabels notwendig sind. Die Anlagen erfüllen alle gestellten Bedingungen und zeigen eine grosse Betriebssicherheit.

niques de 12 kHz indésirables. Le signal sélectionné est amplifié dans deux étages. Chacun de ces étages est équipé de deux lampes en parallèle. Le schéma est prévu pour permettre l'alimentation de l'amplificateur par deux sources d'énergie indépendantes, ce qui exclut pour ainsi dire tout danger d'interruption dû à des défauts de tubes ou des pannes de courant. Le courant d'anode de chaque tube est contrôlé par un relais.

Les amplificateurs à courants porteurs de groupes secondaires sont construits de manière analogue. Les amplificateurs permettent d'alimenter deux groupes secondaires complets de même fréquence porteuse.

Pour obtenir un très bon découplage entre les modulateurs et démodulateurs de groupes secondaires, le circuit de sortie de l'amplificateur est muni de transformateurs différentiels avec 4 sorties indépendantes (figure 29).

H. Conclusion

La décision d'établir, dans un court délai, une liaison par câble coaxial franco-suisse a posé de grands problèmes à l'administration suisse des PTT qui ne possédait que très peu d'expérience dans ce domaine.

Grâce à l'administration française des PTT qui a eu l'obligeance de nous communiquer les détails techniques nécessaires pour construire les amplificateurs de ligne, ainsi qu'à l'expérience acquise dans le développement et la fabrication de systèmes à courants porteurs sur paires symétriques, la maison Hasler S.A. a pu réaliser rapidement, en étroite collaboration avec l'administration suisse, tous les équipements d'une liaison par câble coaxial remplissant les conditions imposées à de tels systèmes et garantissant une bonne sécurité d'exploitation.

Bibliographie

- Bauer, J.* Der koaxiale Leitungsverstärker. Techn. Mitt." PTT 1954, Nr. 1, S. 31.
- Jacot, J.* Le développement des moyens de transmission téléphonique à grande distance, en Suisse. Bull. techn. PTT 1953, N° 1, p. 1.
- Locher, F.* Möglichkeiten und Grenzen eines Vielkanalsystems mit Koaxialkabeln. Techn. Mitt." PTT 1953, Nr. 12, S. 345.
- Lancoud, Ch.* La fabrication, la pose et le raccordement du câble à paires coaxiales. Bull. techn. PTT 1953, N° 12, p. 361.
- Bolay, E.* Méthodes pour la formation des groupes secondaires de base. Bull. techn. PTT, N° 3, p. 94.
- Hartmann, P.* Umsetzen, Abzweigen und Durchschalten von Sekundärgruppen in Trägerfrequenz-Telephonsystemen mit Koaxialkabeln. Techn. Mitt." PTT 1954, Nr. 3, S. 96.
- Von Werther, W. und O. Schmitt.* Ein Trägerfrequenz-Fernsprechsystem für 960 Kanäle. Siemens Zeitschrift 1954, Heft 5, S. 183.
- Job, F. et C. Chalhoub.* Organisation générale des équipements du système S 900-101. Câbles et Transmission 1954, N° 1, p. 10.
- Coaxial System. The L 3 C' S'. Bell Syst. Techn. J. **32** (1953), 779...1005.