

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: 42 (1964)

Heft: 5

Artikel: Fernseh-Frequenzumsetzer = Réémetteurs de télévision à conversion de fréquence

Autor: Hügli, H.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-875163>

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: 02.04.2026

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

TECHNISCHE MITTEILUNGEN

BULLETIN TECHNIQUE

PTT

BOLLETTINO TECNICO

Herausgegeben von den Schweizerischen Post-, Telephon- und Telegraphen-Betrieben - Publié par l'entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses. - Pubblicato dall'Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

H. Hügli, Bern

621.397.647.2

Fernseh-Frequenzumsetzer

Réémetteurs de télévision à conversion de fréquence

Zusammenfassung. Im vorliegenden Artikel wird zunächst das Prinzip der Frequenzumsetzung behandelt, um dann näher auf die von den schweizerischen PTT-Betrieben verwendeten Fernsehumsetzersysteme einzugehen. Im Vordergrund der Betrachtungen steht der Fernsehumsetzersystem als «Apparat». Der Abschnitt Prüfmethoden gibt Gelegenheit, auf die technischen Eigenheiten der Geräte näher einzutreten.

Résumé. Après avoir traité du principe de la conversion de fréquence, l'auteur s'occupe ensuite plus particulièrement des réémetteurs de télévision utilisés par l'entreprise des PTT suisses. Il traite principalement du réémetteur en tant qu'appareil. Le paragraphe «méthodes de contrôle» lui permet d'examiner de plus près les caractéristiques techniques des appareils.

Riassunto. Nell'articolo «Convertitori di frequenza televisivi» l'autore tratta dapprima il principio della conversione di frequenza, per poi esaminare in maggiori dettagli i sistemi di convertitori di frequenza televisivi utilizzati dall'Azienda PTT svizzera. In primo luogo il convertitore è considerato specificamente come «apparecchio». Il capitolo relativo ai metodi di prova ci permette di studiare meglio le caratteristiche tecniche delle apparecchiature.

1. Einleitung

Neben einigen Hauptsendern hoher Strahlungsleistung ist im schweizerischen Fernsehensendernetz eine grosse Zahl Kleinsender zur Ausleuchtung der Versorgungslücken nötig. Ausschlaggebend für dieses Konzept sind die topographischen Verhältnisse, die für eine grossflächige Versorgung wenig geeignet sind. Selbst Städte mit verhältnismässig geringer Ausdehnung lassen sich nicht immer ohne Schwierigkeiten bedienen. Äusserst problematisch gestaltet sich eine umfassende Planung jedoch für die relativ ausgedehnte Jura-, Voralpen- und Alpenzone. Das Einbeziehen dieser Gebiete in den Versorgungsbereich ist aber unumgänglich, da gerade in diesen, etwas abseitigen Landesteilen ein reges Interesse am Fernsehen besteht. Es musste daher eine Lösung gesucht werden, die auch im gebirgigen Gelände eine einwandfreie Fernsehversorgung ermöglicht. Eine solche bot sich in einem engmaschigen Kleinsendernetz, das zwar vom bestehenden Hauptsendernetz abhängig ist, aber durch geeigneten Aufbau die topographischen Hindernisse umgehen kann.

1. Introduction

A côté de quelques émetteurs principaux de grande puissance, le réseau suisse d'émetteurs de télévision exige un grand nombre de petits émetteurs pour couvrir les zones défavorisées. Cette conception est déterminée par les conditions topographiques peu appropriées à la couverture de grandes surfaces par un émetteur. Même des villes peu étendues ne peuvent pas être desservies sans difficulté. Un plan de couverture complet des régions relativement étendues du Jura, des Préalpes et des Alpes pose de nombreux problèmes. Cependant, il est nécessaire de desservir ces contrées, car justement dans ces régions un peu retirées existe un grand intérêt pour la télévision. Une solution devait être trouvée permettant une couverture complète de ces contrées montagneuses. Elle consiste en un réseau serré de petits émetteurs dépendant de l'émetteur principal existant et placés de telle sorte qu'ils surmontent les obstacles topographiques.

Le réémetteur à conversion de fréquence est à la base de ces réseaux. Ses propriétés permettent la

Als Baustein dieses Kleinsendernetzes verwendet man den sogenannten Fernseh-Frequenzumsetzer. Seine Eigenschaften ermöglichen den Aufbau einer Fernsehversorgung, die sich gut dem Gelände anpassen lässt und im Gegensatz zum Grosssendernetz eine gezieltere Versorgung erlaubt. Gegenwärtig ist in einer dritten Ausbaustufe dieses Kleinsendernetz mit Senderleistungen von 1...100 W im Ausbau begriffen. Man rechnet mit 150 solchen Stationen zur Bedienung von etwa 95% der Bevölkerung mit einem schweizerischen Fernsehprogramm.

2. Prinzip

Für eine zweckdienliche Konstruktion des Fernseh-Frequenzumsetzers sind im wesentlichen folgende Faktoren massgebend:

- Im Gegensatz zum Fernseh-Grosssender, der seine Modulationssignale meistens über ein selbständiges Verteilnetz (Richtstrahl- oder Koaxialkabel) erhält, ist der Frequenzumsetzer aus wirtschaftlichen Gründen auf ein HF-Signal angewiesen, das gleichzeitig auch zur Versorgung von Fernseh abonnten dient. Richtstrahl- oder Koaxialverbindungen sind sehr teuer und für die Versorgung von nur einigen hundert Teilnehmern nicht zu verantworten. Der Kleinsender muss daher einen Empfangsteil, ähnlich jenem des Fernsehempfängers, besitzen. In der Fachsprache wird diese Betriebsart allgemein als «Ballempfang» bezeichnet.
- Verschiedene Ausbreitungseigenschaften der elektromagnetischen Wellen (Reflexion und Beugung, endliche Ausbreitungsgeschwindigkeit) machen einen Gleichkanalbetrieb zur Ausleuchtung von Schattenzonen eines Senders problematisch.

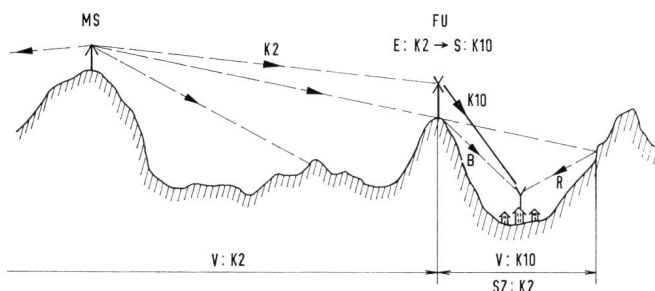


Fig. 1

Anwendungsbeispiel für Fernsehsumsetzer:
Ausleuchtung der Schattenzone eines Hauptsenders
Exemple d'utilisation d'un réémetteur:
couverture des zones d'ombre d'un émetteur principal

MS = Muttersender – Emetteur principal
FU = Fernsehsumsetzer – Réémetteur
B = Beugung K2 – Diffraction des ondes du canal 2
R = Reflexion K2 – Réflexion des ondes du canal 2
V = Versorgungsbereich – Zone de couverture
SZ = Schattenzone – Zone d'ombre

Wie *Figur 1* zeigt, bleibt ein Rest des Originalsignals immer vorhanden und würde oft im verstärkten Signal als störendes Geisterbild in Erscheinung treten. Zur Vermeidung solcher Stö-

construction d'un réseau s'adaptant bien à la topographie et dont, au contraire des gros émetteurs, on peut prédéterminer la zone de couverture. Actuellement, il est prévu, comme troisième étape, la construction d'un réseau de réémetteurs ayant une puissance de 1 à 100 W. On compte pouvoir offrir à 95% de la population suisse un programme de télévision avec 150 petites stations d'émetteurs.

2. Principe

Les facteurs suivants sont déterminants pour une construction rationnelle des réémetteurs de télévision.

- Les gros émetteurs de télévision reçoivent le signal de modulation par un réseau séparé de distribution (faisceaux hertziens ou câbles coaxiaux); cette méthode est trop onéreuse pour être appliquée aux petits réémetteurs desservant quelques centaines de concessionnaires; ils doivent se contenter du signal HF, le même que n'importe quel abonné. Le réémetteur doit donc contenir une partie réceptrice analogue à celle du récepteur de télévision ordinaire. Entre techniciens on parle de «tête HF».
- Certaines caractéristiques de propagation des ondes électromagnétiques rendent problématique la réémission sur le même canal pour couvrir les zones d'ombre d'un émetteur.
Comme le montre la *figure 1*, il subsiste toujours un reste du signal original qui apparaîtra comme «fantôme» sur l'image due au signal amplifié. Pour remédier à cette perturbation, il est nécessaire de réémettre sur un canal différent du canal de l'émetteur principal. En langage technique, cela signifie une conversion de fréquence du signal reçu. Cette remarque fondamentale a conduit à la dénomination: «réémetteur de télévision à conversion de fréquence» ou en abrégé: «réémetteur de télévision».
- Le but d'un réémetteur est la couverture de petites zones (distances de quelques dizaines de km); un émetteur d'une puissance de 1 à 100 W suffit.
- Le plan, prévoyant quelques gros émetteurs, plusieurs émetteurs moyens et beaucoup de petits émetteurs, ne peut, pour des raisons économiques, prévoir la présence constante du personnel de surveillance aux stations de réémetteurs. Celles-ci doivent pouvoir fonctionner automatiquement. La stabilité, la sécurité des caractéristiques de service doivent être particulièrement étudiées lors de la construction du réémetteur et de la station. Un réémetteur doit pouvoir compenser automatiquement les fluctuations du signal d'entrée.

- Le téléspectateur ne doit remarquer aucune dégradation entre le signal original et le signal réémis.

En tenant compte de ces conditions, nous sommes amenés au schéma de principe d'un réémetteur de la *figure 2*.

Dans la partie réceptrice, le spectre du signal HF à transposer est amplifié par un amplificateur sélectif

rungen muss man das Fernsehsignal auf einem andern Fernsehkanal als den vom Muttersender benützten aussenden. Technisch bedingt dies eine frequenzmässige *Umsetzung* der Empfangssignale. Dieses grundsätzliche Merkmal führte denn auch zur Bezeichnung «Fernseh-Frequenzumsetzer» oder kurz «Fernsehsumsetzer».

d) Dem Verwendungszweck entsprechend, hat der Fernsehsumsetzer nur kleine Gebiete (Entfernungen von einigen 10 Kilometern) zu versorgen. Sein Sender ist demnach für Leistungen im Bereich von 1...100 W zu dimensionieren. Gemäss Planungskonzept, das einige Grosssender, mehrere mittelstarke und sehr viele kleine Sender vorsieht, ist eine ständige Überwachung der Fernsehsumsetzerstationen durch Bedienungspersonal aus wirtschaftlichen Gründen ausgeschlossen. Ein Fernsehsumsetzer muss sich daher für vollautomatischen Betrieb eignen. Stablen und zuverlässigen Betriebseigenschaften ist beim Aufbau der Geräte und Stationseinrichtungen grösste Aufmerksamkeit zu schenken. Er soll zudem in der Lage sein, Amplitudenschwankungen seines Eingangssignals auszugleichen.

e) Zwischen dem normgerechten Original-Fernsehsignal und dem umgesetzten Fernsehsignal darf keine für den Teilnehmer merkbare Verschlechterung auftreten.

Die zweckmässigste Auswertung dieser Bedingungen führt zu dem in *Figur 2* entworfenen grundsätzlichen Aufbau eines Fernseh-Frequenzumsetzers.

Im Empfangsteil wird das umzusetzende HF-Spektrum mit einem Selektivverstärker auf den zur Umsetzung nötigen Pegel verstärkt. Der nachfolgende Umsetzerteil verschiebt das Empfangsspektrum frequenzmässig auf das gewünschte Sendespektrum. Dabei dürfen die Amplitudenverhältnisse nicht verändert und auch keine zusätzlichen Frequenzen (Störfrequenzen) innerhalb des Nutzspektrums erzeugt werden. Anschliessend verstärkt man das Sendespektrum in einem selektiven Leistungsverstärker auf die erforderliche Sendeleistung. Neben- und Oberwellen, die der Umsetzerteil erzeugt, lassen sich mit einem mehrstufigen Selektivverstärker wirksam unterdrücken.

Ein zusätzliches, die Ausgangsleistung kontrollierendes Regelsystem sorgt für stabile Betriebsbedingungen. Alterungserscheinungen der Bauelemente und Schwankungen des Eingangssignals werden durch dieses weitgehend ausgeglichen. Der Regelverstärker kann sich im Umsetzer- oder Empfangsteil befinden.

Das Speisegerät sollte Netzschwankungen auffangen können, damit die Umsetzerstandorte nicht an einen stabilen Netzanschluss gebunden sind.

3. Fernseh-Umsetzersysteme

Im Rahmen der Konzeption für Fernseh-Frequenzumsetzer bieten sich mehrere Konstruktionsmöglichkeiten, die alle mit sehr unterschiedlichem techni-

sch bis zu dem Niveau erforderlich. Le convertisseur de fréquence déplace en fréquence le spectre reçu jusqu'au spectre d'émission désiré. Les rapports d'amplitudes ne doivent pas être modifiés, aucune fréquence supplémentaire (parasite) ne doit être produite dans les limites du spectre utile. Finalement, le spectre d'émission est amplifié par un amplificateur de puissance sélectif jusqu'au niveau désiré; les harmoniques et les fréquences dérivées résultant de la conversion sont convenablement atténués par un amplificateur à plusieurs étages.

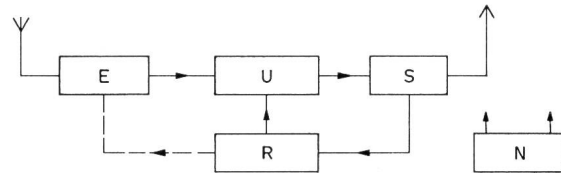


Fig. 2

Grundsätzlicher Aufbau eines Fernseh-Frequenzumsetzers
Schéma de principe d'un réémetteur

E = Empfänger - Récepteur
U = Umsetzer - Convertisseur de fréquence
S = Sender - Emetteur
R = Regelsystem - Dispositif de réglage
N = Netzgerät - Alimentation

En plus, un système de réglage contrôle la puissance de sortie, de manière à obtenir des conditions de service stables. Le vieillissement des éléments et les fluctuations du signal d'entrée sont assez largement compensés par ce dispositif. L'amplificateur réglé peut se trouver dans la partie de conversion ou d'émission. L'alimentation doit compenser les variations de la tension du réseau pour que le réémetteur puisse être branché n'importe où.

3. Systèmes de convertisseurs TV

Plusieurs possibilités existent pour la construction des réémetteurs de télévision qui, par des moyens techniques différents, mènent au même but. Le développement d'un appareil, si possible utilitaire, exige la connaissance étendue des techniques de la télévision et des buts d'un réémetteur. Avant tout, il faut se familiariser avec le caractère du spectre HF d'un signal de télévision.

La représentation spectrale de la *figure 3* et sa fonction du temps *figure 4* permettent de déterminer les conditions principales de transmission quant à la largeur de bande et à la linéarité ainsi que le système de réglage convenable. Il est important de noter la modulation dite modulation négative du signal image inhérente à nos normes (CCIR). Elle implique une amplitude constante maximale de la porteuse image pendant la durée des impulsions de synchronisation. La puissance de la porteuse image développée pendant ce temps est d'habitude donnée comme puissance nominale de l'émetteur image. La porteuse son est modulée en fréquence: sa puissance sans modulation est le cinquième de la puissance nominale de la porteuse image.

schem Aufwand zum Ziele führen. Für die Entwicklung eines möglichst zweckdienlichen Gerätes sind sehr eingehende Kenntnisse der Fernsehtechnik und des Aufgabenbereichs von Fernsehumsetzern unerlässlich. Vorab muss man sich mit dem Charakter des zu verarbeitenden HF-Spektrums vertraut machen. Aus der spektralen Darstellung (Figur 3) und deren Zeitfunktion (Figur 4) lassen sich bereits die wesentlichsten Konstruktionsbedingungen für Bandbreite und Linearität sowie der zweckmässigsten Regel-

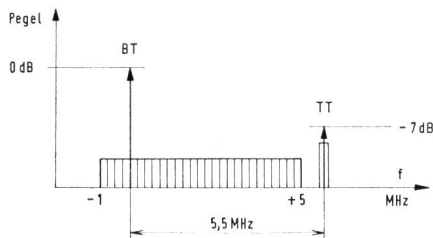


Fig. 3
HF-Spektrum des Fernsehsignals
Spectre HF d'un signal de télévision

Modulation - Modulation:

Bild AM negativ (10% Trägerrest) - Image AM négative (10% de porteuse résiduelle)
Ton FM (50 kHz Hub) - Son FM (50 kHz d'excursion de fréquence)
BT = Bildträger - Porteuse image
TT = Tonträger - Porteuse son

einrichtung festlegen. Als weiteres wichtiges Merkmal unserer Fernsehnorm (CCIR-Norm) ist ausserdem die sogenannte Negativmodulation für das Bildsignal zu beachten. Bei ihr tritt während der Synchronimpulse eine konstante maximale Bildträgerleistung auf. Mit andern Worten, während der Synchronimpulse ist der Bildträger unmoduliert. Die Bildträgerleistung, die in dieser Zeit auftritt, wird üblicherweise als Nennleistung des Bildsenders angegeben. Der Tonträger ist frequenzmoduliert und seine Leistung beträgt unmoduliert ein Fünftel der Bildträgerleistung.

Getrennte Bild- und Tonumsetzung

Wie Figur 3 zeigt, enthält das Frequenzspektrum zwei Trägerkomponenten mit ihren Seitenbändern, die mit Filtern trennbar sind. Grundsätzlich könnte daher die in mancher Hinsicht vorteilhafte Technik der vollständig getrennten Bild- und Tonumsetzung angestrebt werden. Verfolgt man jedoch diesen Weg eingehender und zieht Vergleiche zu andern Lösungen, so erscheint er wenig wirtschaftlich. Erst für grössere Senderleistungen (über 100 W) wird sich eine Trennung wenigstens der Sendekanäle lohnen.

Gemeinsame Bild- und Tonumsetzung

Ein heute allgemein angewandtes Prinzip basiert auf der gemeinsamen Umsetzung von Bild und Ton in einem Kanal. Mit dieser Methode lässt sich der apparative Aufwand bei guter Übertragungsqualität in vernünftigen Grenzen halten. Bei der Projektierung sind jedoch einige besondere Anforderungen eingehend zu studieren.

Conversion séparée de l'image et du son

Comme le montre la figure 3, le spectre des fréquences contient deux porteuses avec leurs bandes latérales, qui peuvent être séparées par des filtres. En principe, on pourrait utiliser la conversion totalement séparée de l'image et du son, technique favorable sous beaucoup d'aspects. Si on considère attentivement cette solution, elle apparaît peu économique par rapport à d'autres. La séparation, dans la partie émission du moins, ne se justifie que pour de grosses puissances (au-dessus de 100 W).

Conversion commune de l'image et du son

Le principe généralement utilisé aujourd'hui est la conversion de l'image et du son sur un même canal. Cette méthode permet une bonne qualité de transmission avec un appareillage restant dans des limites acceptables. La construction nécessite cependant l'étude détaillée de quelques caractéristiques de ce principe.

En raison de l'addition des diverses composantes lors de l'amplification de deux porteuses dans un même étage, le domaine d'utilisation du tube se réduit en conséquence. Pour obtenir une linéarité suffisante, le point de repos des tubes doit être choisi tel qu'il en résulte un mauvais rendement et que seule une partie (20%) de la puissance du tube soit utilisable. Il semble que pour des puissances supérieures à 100 W l'amplification séparée de l'image et du son soit plus économique.

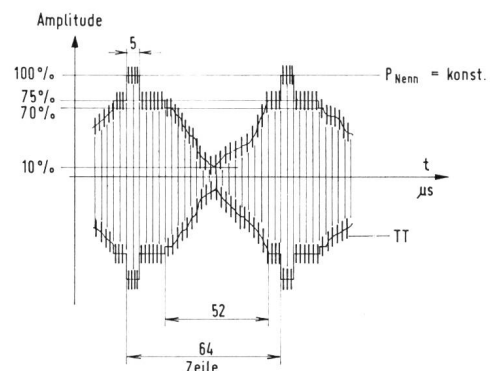


Fig. 4
Modulierter Bildträger mit überlagertem Tonträger
(Zeilenauflösung)

Porteuse image modulée avec superposition de la porteuse son (vu à fréquence ligne)

Dans un réseau avec des éléments non linéaires tels qu'en comporte nécessairement le convertisseur de fréquence, apparaissent, en plus des harmoniques des porteuses, leur différence, soit 5,5 MHz et ses harmoniques. Modulant les porteuses, ils produisent le spectre représenté à la figure 5.

Comme les harmoniques des porteuses, ces fréquences dérivées doivent avoir une amplitude inférieure à un niveau déterminé pour ne pas perturber les canaux voisins. Si le canal de réception ne se trouve que 2 ou 3 canaux à côté du canal d'émission

Auf Grund der Addition der einzelnen Spannungs-komponenten beim Verstärken zweier Träger in einer Stufe wird der Aussteuerungsbereich entsprechend eingeengt. Zur Erhaltung ausreichender Linearität muss der Arbeitspunkt des Verstärkers so gewählt werden, dass daraus ein schlechter Wirkungsgrad resultiert und nur ein Bruchteil der Röhrennennleistung (etwa 20%) nutzbar ist. Für Sendeleistungen über 100 W wird daher die getrennte Verstärkung von Bild und Ton zweckmässiger sein.

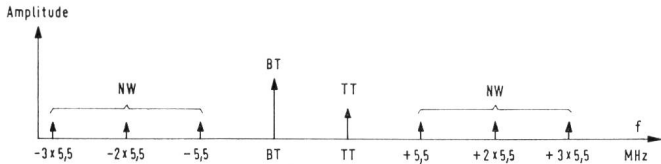


Fig. 5

Nebenwellenspektrum eines Fernsehsumsetzers mit gemeinsamer Bild und Tonumsetzung

Spectre des fréquences dérivées pour un réémetteur avec conversion commune du son et de l'image

BT = Bildträger - Porteuse image
 TT = Tonträger - Porteuse son
 NW = Nebenwellen - Fréquences dérivées

In einem Netzwerk mit nichtlinearen Gliedern, wie sie der Umsetzerteil naturgemäss aufweist, entsteht ausser den Oberwellen der Träger auch deren Differenzfrequenz von 5,5 MHz mit ihren Vielfachen. Auf die beiden Träger aufmoduliert, erzeugen sie ein in *Figur 5* dargestelltes Frequenzspektrum. Wie die Oberwellen, müssen auch diese sogenannten Nebenwellen gewisse festgelegte Pegelabstände einhalten, damit sie nicht in den Nachbarkanälen Störungen erzeugen. Liegt der eigene Empfangskanal des Fernsehsumsetzers nur zwei bis drei Kanäle neben dem Sendekanal (Umsetzung in den Nachbarkanal ist nicht notwendig), so kann durch Verkopplung zwischen Eingang und Ausgang eine Nebenwelle den Umsetzertbetrieb beeinträchtigen. Bei der Projektierung der Antennenanlage ist daher auf eine genügende Entkopplung zwischen Sende- und Empfangsantenne zu achten.

Eine weitere Störung, die auf Nichtlinearitäten zurückzuführen ist, entsteht durch Kreuzmodulation zwischen Bild- und Tonträger. Eine Bildmodulationskomponente von zum Beispiel 2 MHz erscheint dabei mit kleinerer Amplitude in ebenfalls 2 MHz Abstand vom Tonträger (*Figur 6*).

Das Kreuzmodulationsprodukt bei 3,5 MHz fällt in den Bildkanal und verursacht eine seiner Amplitude entsprechende Moiré-Störung; jenes bei 7,5 MHz liegt ausserhalb des Kanals und hat weiter keine Bedeutung. Beim gegenwärtigen Schwarzweiss-Fernsehen darf der Kreuzmodulations-Störabstand noch verhältnismässig niedrig (34 dB) sein. Im Blick auf ein künftiges Farbfernsehen dürften jedoch erheblich höhere Anforderungen gestellt werden.

(la réémission dans le canal voisin est impossible), le couplage entre l'entrée et la sortie peut produire une oscillation dérivée préjudiciable au bon fonctionnement du réémetteur. En projetant les antennes, il faut prendre garde à conserver un découplage suffisant entre les antennes de réception et d'émission. Une autre perturbation due aux non-linéarités provient des produits d'intermodulation entre les porteuses image et son. Une composante de modulation image par exemple à 2 MHz apparaît aussi, avec une amplitude plus petite, à un intervalle de 2 MHz de la porteuse son (*figure 6*).

Le produit d'intermodulation à 3,5 MHz tombe dans le canal image et produit un moiré, celui à 7,5 MHz se trouve en dehors du canal et n'a pas d'importance. Pour la télévision noir-blanc, la différence de niveau entre les produits gênants et utiles peut être relativement faible (34 dB). Pour la future télévision en couleur, des tolérances plus sévères seront nécessaires.

Techniques de conversion de la fréquence

Deux techniques sont usuelles: la conversion directe et la conversion à l'aide d'une fréquence intermédiaire fixe. La conversion directe du canal de réception au canal d'émission est la méthode la plus simple et exige l'appareillage le moins important. Mais l'étude en doit être soigneusement menée si la qualité de la transmission doit remplir des conditions minimales. Des corrections du signal, par exemple des corrections du temps de propagation de groupe, ne peuvent

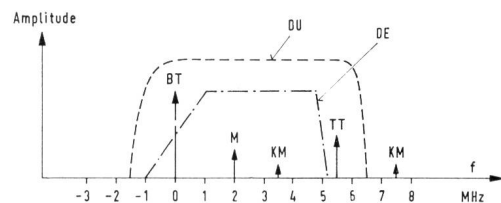


Fig. 6

HF-Spektrum mit Kreuzmodulationsprodukten am Fernseh-Umsetzerausgang

Spectre HF avec produits d'intermodulation à la sortie d'un réémetteur de télévision

BT = Bildträger - Porteuse image
 TT = Tonträger - Porteuse son
 M = Bildmodulationskomponente - Composante de modulation image
 KM = Kreuzmodulationskomponente (Störung)
 Produits d'intermodulation (perturbateurs)
 DU = Durchlasskurve des FS-Umsetzers - Réponse en fréquence du réémetteur
 DE = Durchlasskurve der Bild-ZF im Fernsehempfänger
 Réponse en fréquence des étages FI d'un récepteur

être prévues et la conversion directe deux canaux plus haut ou plus bas est pratiquement irréalisable. Si on veut par exemple transposer le canal de réception 9 dans le canal d'émission 11, il faudra passer par un canal intermédiaire (par exemple 5). Donc, dans certains cas, le système de conversion directe nécessite une double conversion et on peut se demander s'il ne serait pas avantageux de passer par une fré-

In der heutigen Fernsehumscherteknik ist sowohl die direkte Umsetzung als auch jene über eine feste Zwischenfrequenz üblich. Die direkte Umsetzung vom Empfangs- in den Sendekanal ist die einfachere Methode und erfordert den geringsten technischen Aufwand. Die Entwicklung muss aber sehr sorgfältig durchgeführt werden, wenn die Übertragungsqualität den Mindestanforderungen genügen soll. Signalkorrekturen, wie eine Laufzeitverzerrung, lassen sich nicht einbauen, und direkte Umsetzung in den übernächsten Kanal ist praktisch ebenfalls nicht durchführbar. Will man beispielsweise den Empfangskanal 9 in den Sendekanal 11 umsetzen, so ist dies nur über einen Zwischenkanal, etwa Kanal 5, möglich.

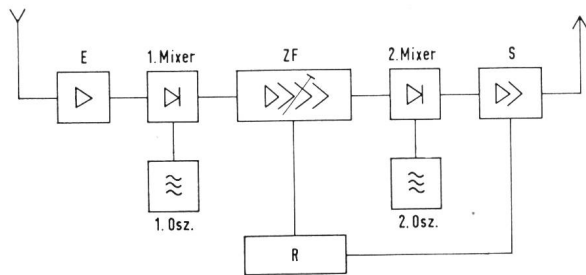


Fig. 7

Fernsehumschert mit fester Zwischenfrequenz
Réémetteur de télévision avec fréquence intermédiaire fixe

- E = Empfänger - Récepteur
- ZF = Zwischenfrequenzverstärker - Amplificateur FI
- S = Sender - Émetteur
- R = Regler - Régulateur

Somit muss bereits im direkten System in gewissen Fällen eine doppelte Umsetzung angewendet werden, und man kann sich fragen, ob es nicht grundsätzlich vorteilhafter wäre, eine feste Zwischenfrequenz vorzusehen. Dieses in mancher Hinsicht günstigere Prinzip ist denn auch bei einigen Fabrikaten erfolgreich verwirklicht worden. Nach der HF-Verstärkung wird im ersten Mischer das Fernsehenspektrum auf die beim Fernsehen übliche Zwischenfrequenz im Bereich 32 MHz...40 MHz umgesetzt, anschliessend verstärkt und im zweiten Mischer auf die Sendefrequenz umgesetzt (Figur 7).

Im ZF-Verstärker lassen sich die erforderliche Selektivität, eine praktisch unbegrenzt regelbare Verstärkung und zusätzliche Signalkorrekturen ohne Schwierigkeiten verwirklichen. Der Aufwand wird damit etwas höher, lässt sich aber bei zweckmässiger Konstruktion ohne weiteres vertreten.

Zurzeit sind im schweizerischen Fernsehumschertnetz vorwiegend Fabrikate mit direkter Umsetzung im Betrieb. Sie bewähren sich gut, besitzen aber einige technische Daten - besonders die älteren Modelle, deren Entwicklung 10 Jahre zurückliegt -, die hart an der Grenze des Zulässigen liegen. Die moderne-

quenz intermédiaire fixe. Ce principe, avantageux sous bien des aspects, a été introduit avec succès par quelques fabricants. Après une amplification haute fréquence, le spectre du signal de télévision est converti par un premier mélangeur à la fréquence intermédiaire usuelle de la télévision dans la bande des 32-40 MHz, amplifié puis converti par un deuxième mélangeur à la fréquence d'émission (figure 7).

L'amplification à fréquence intermédiaire permet la sélectivité exigée, un réglage pratiquement illimité et l'introduction facile de corrections du signal. La dépense en appareils est un peu plus importante, mais reste tolérable grâce à une construction appropriée.

Actuellement, le réseau suisse des réémetteurs est composé d'appareils à conversion directe. Ils se révèlent bons, mais certaines de leurs caractéristiques - spécialement des anciens modèles dont le développement date de 10 ans - sont très proches des limites. Les appareils modernes, qui, comme les autres, proviennent de l'étranger (Italie, France), sont en général bien meilleurs et remplissent très facilement les exigences du cahier des charges des PTT.

Stabilité

Les réémetteurs doivent avoir des caractéristiques de service particulièrement stables, car ils sont prévus pour un service sans contrôle visuel. La puissance d'émission ne doit pas varier notablement, que l'appareillage vieillisse, que le contenu d'image change, que la tension du réseau ou le signal d'entrée varient. Remplir ces conditions exige un dispositif de réglage fonctionnant bien et tenant compte des caractéristiques spécifiques du signal de télévision. Le constructeur a plusieurs solutions au choix, qui, par des voies différentes, mènent au même résultat. La figure 8 montre une méthode de réglage simple, mais fonctionnant bien.

Le signal de sortie de l'émetteur est ici redressé et comparé à une tension de référence. La différence de tension résultante amplifiée commande un étage réglé dans le canal de conversion. Pour ce dispositif de réglage, le problème est la mesure de la tension de sortie. Il est connu que la puissance de la porteuse image est constante pendant la durée des impulsions de synchronisation. Mais la porteuse son se superpose en même temps au spectre image (figure 4) et, sans faire une mesure sélective, on ne peut à chaque instant connaître que la somme des deux porteuses. Mais comme le rapport porteuse image/porteuse son est constant pendant la durée de l'impulsion de synchronisation, cette somme est utilisable pour le réglage. Pour cela, le redresseur de mesure doit donner la valeur de crête des impulsions de synchronisation indépendamment du contenu d'image variable. Sa constante de temps doit être un multiple de la durée d'une ligne (64 μ s). Cette méthode relativement simple, mais de fonctionnement sûr si la mesure est juste, n'exige que des moyens bon marché et trouve à

ren Geräte, die nach wie vor aus dem Ausland (Italien, Frankreich) stammen, sind zum Teil wesentlich besser und erfüllen weitgehend die Anforderungen des PTT-Pflichtenheftes.

Stabilität

Ein besonderes Merkmal des Fernsehumsetzers sind stabile Betriebseigenschaften, wie sie für unbeaufsichtigten Betrieb Voraussetzung sind. Seine Sendeleistung zum Beispiel darf nicht merklich ändern, wenn das Gerät altert, der Bildinhalt ändert, das Netz oder der Pegel des Eingangssignals schwankt. Alle diese Bedingungen erfordern ein gut funktionierendes Regelsystem, das die besondern Eigenschaften des Fernsehsignals berücksichtigt. Dem Konstrukteur bieten sich auch hier verschiedene Wege, die mit unterschiedlichem Aufwand zum Ziele führen. Eine einfache, aber gut arbeitende Regelmethode ist in *Figur 8* gezeigt. Das Senderausgangssignal wird hier gleichgerichtet und mit einer Referenzgleichspannung verglichen. Die resultierende Differenzspannung steuert nach deren Verstärkung einen Regelverstärker im Umsetzerkanal. Problematisch ist bei diesem Regelsystem die Messung des Ausgangssignals. Bekanntlich ist die Bildträgerleistung während der Synchronimpulse konstant. Gleichzeitig ist dem Bildspektrum der Tonträger überlagert (*Fig. 4*), und man kann ohne Selektionsmittel in jedem Zeitpunkt nur die Summenspannung messen. Da jedoch das Verhältnis Bild-/Tonträger während der Synchronimpulse konstant ist, lässt sich die Summenspannung trotzdem zur Regelung verwenden. Zu diesem Zweck muss der Messgleichrichter die Spitzenspannung der Synchronimpulse unabhängig vom wechselnden Bildinhalt abgeben können. Seine Zeitkonstante muss ein Vielfaches der Zeilenzeit ($64 \mu\text{s}$) betragen. Diese verhältnismässig einfache, aber bei richtiger Bemessung gut arbeitende Regelmethode verlangt keinen kostspieligen Aufwand und findet daher verbreitete Anwendung. Von wenigen Ausnahmen abgesehen, sind alle bisher durch die PTT installierten Fernsehumsatzer mit diesem bewährten Regelsystem ausgerüstet.

Eine weitere gebräuchliche Regelmethode arbeitet nach dem Prinzip der getasteten Regelung, wie sie auch im Fernsehempfänger benützt wird. Über einen zeilensynchron laufenden Elektronenschalter speist man den Messgleichrichter nur während der Synchronimpulse mit dem Ausgangssignal. Dadurch lässt sich der wechselnde Einfluss des Bildinhalts völlig ausschalten, und gleichzeitig können sich Störimpulse während etwa 90% der Zeit nicht auf den Regelungsvorgang auswirken. Vom rein technischen Standpunkt aus betrachtet, ist dieses etwas aufwendigere Regelsystem dem ersteren vorzuziehen. In der Praxis jedoch bewährt sich eine optimal ausgelegte Spitzengleichrichtung ebenso gut. Der Vorteil der Störunterdrückung hat im Umsetzerbetrieb keine wesentliche Bedeutung, weil das Empfangssignal ohnehin weitgehend störfrei sein muss.

cause de cela un grand domaine d'application. A peu d'exceptions près, tous les réémetteurs installés jusqu'ici par les PTT sont équipés de ce dispositif de réglage qui a fait ses preuves.

Une autre méthode de réglage utilisée se base sur le principe du réglage par impulsions, tel qu'il est utilisé dans les récepteurs de télévision. On alimente le redresseur de mesure avec le signal de sortie par un interrupteur électronique travaillant à fréquence ligne seulement pendant la durée des impulsions de synchronisation. Cela permet de supprimer totalement l'influence du contenu d'image; en même temps, les impulsions parasites n'ont pendant environ 90% du temps aucune influence sur le mécanisme de réglage. Du point de vue purement technique, ce dispositif

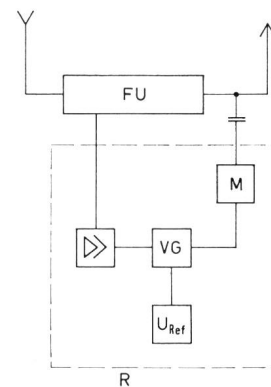


Fig. 8

Regelkreis bei Fernsehumsatzern mit einfacher Spitzwertmessung

Circuit de réglage de réémetteurs à mesure directe de la valeur de crête

- FU = Fernseh-Umsetzer - Réémetteur
- M = Messgleichrichter - Redresseur de mesure
- VG = Vergleichsnetzwerk - Circuit de comparaison
- U_{Ref} = Referenzspannung - Tension de référence
- R = Regler - Régulateur

plus élaboré est à préférer au précédent. Pratiquement, un redresseur de valeur de crête bien dimensionné s'avère aussi bon que le réglage par impulsions. La diminution de l'influence des impulsions parasites n'a pas grande importance pour les réémetteurs, car le signal reçu ne doit pas contenir d'impulsions parasites.

Construction mécanique

De par son domaine d'application, le réémetteur TV doit si possible s'adapter à toutes sortes de situations. La construction doit être conçue pour permettre une extension ou une modification sans trop de travail et pour faciliter l'entretien par un service de revision non permanent. Il s'avère que la construction la plus appropriée est celle en rack, presque toujours utilisée. La séparation des fonctions dans les différents châssis va de soi; l'exemple d'un réémetteur direct de la *figure 9* le montre.

Les éléments de base tels que récepteur, convertisseur, oscillateur et émetteur sont montés sur un

Mechanischer Aufbau

Seinem Anwendungsbereich entsprechend sollte ein Fernsehumschalter möglichst vielseitig einsetzbar sein. Für den Aufbau ist demnach eine Lösung zu wählen, die spätere Erweiterungen oder Umstellungen ohne grösseren Aufwand zulässt und im unbeaufsichtigten Betrieb den Unterhalt erleichtert. Als zweckmässige Bauweise erwies sich hier das fast durchwegs eingeführte Baukastensystem. Die Gliederung der Stromkreise in die einzelnen Bausteine ergibt sich praktisch von selbst, wie es das typische Beispiel direkter Umsetzung in *Figur 9* zeigt. Die Grundeinheiten, wie Empfänger, Umschalter, Oszillator

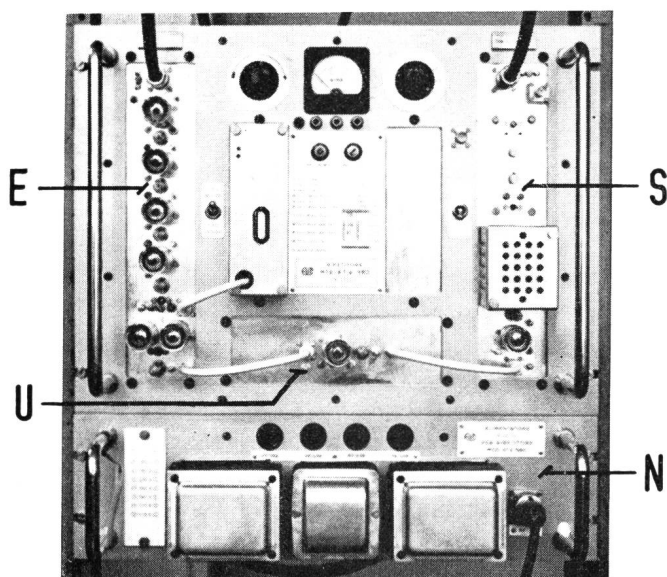


Fig. 9

Fernsehumschalter (1 W) moderner Bauart
Réémetteur de télévision (1 W) de construction moderne

E = Empfänger - Récepteur
U = Umschalter - Convertisseur
O = Oszillator - Oscillateur
S = Sender - Émetteur
N = Netzgerät (magn. stabilisiert) - Alimentation (stabilisation magnétique)

und Sender, sind auf einer Grundplatte eines Normgestells (oberer Teil) mit der Regelschaltung und der Messeinrichtung zusammengefasst. Auf der untern Normplatte befindet sich das Netzgerät mit magnetischer Spannungstabilisierung. Die beiden Platten bilden zusammen die Grundeinheit dieses Umschaltertyps, dessen Leistung von 1 W durch eine weitere Platte mit dem Nachverstärker auf 5 W erhöht werden kann. Bei Bedarf kann der Fernsehumschalter, allenfalls in doppelter Ausrüstung, in ein Klimaschutzgehäuse oder einen gewöhnlichen Schrank eingebaut werden. Das gezeigte Gerät ist von modernster Bauart und erfüllt weitgehend alle Forderungen, die zurzeit an einen Fernsehumschalter gestellt werden.

chassis normalisé (partie supérieure) avec les circuits de réglage et de mesure. Sur le châssis inférieur se trouve l'alimentation stabilisée magnétiquement. Ensemble, les deux châssis forment l'unité de base de ce type de réémetteur. Sa puissance de 1 W peut à l'aide d'un amplificateur monté sur un autre châssis être portée à 5 W. Selon les besoins, le réémetteur de télévision, éventuellement doublé, peut être monté dans une armoire normale ou climatisée. L'appareil décrit est du type le plus moderne et remplit facilement toutes les exigences imposées actuellement à un réémetteur de télévision.

4. Quelques méthodes de contrôle typiques

Le département des recherches et essais des PTT suisses s'occupe des contrôles de type et des essais de réception de réémetteurs de télévision conformément au cahier des charges. Un contrôle complet de qualité, tel qu'un contrôle de type, exige un important programme de mesure et les appareils de mesure s'y rapportant. Il n'entre pas dans le cadre de cet article de décrire dans tous ses détails le programme de mesure. Par contre, quelques méthodes particulières à la conversion commune image et son seront décrites un peu plus à fond. Ces mesures sont déterminantes pour l'appréciation de la qualité des appareils et seront faites aussi bien lors du contrôle de type que de l'essai de réception.

Puissance de sortie

On définit la puissance nominale d'un émetteur image de télévision comme étant celle rayonnée pendant la durée des impulsions de synchronisation. C'est la plus grande puissance rayonnée par l'émetteur (normes CCIR) et elle est indépendante du contenu d'image. L'émetteur son accouplé rayonne une puissance constante valant le cinquième de la puissance image (rapport constant).

Lorsque les canaux son et image sont séparés, la mesure de la puissance ne pose aucun problème puisque les deux puissances sont mesurables séparément. On doit uniquement remarquer que n'importe quel wattmètre n'indique pas la puissance de crête d'une porteuse modulée. Un wattmètre thermique par exemple n'indique pas la valeur de crête. On ne peut mesurer la puissance de crête avec cet appareil que si le contenu d'image reste constant et en tenant compte d'un facteur de correction. La puissance nominale est directement mesurée par un voltmètre de valeur de crête gradué en puissance pour une impédance donnée, ou par calcul de cette puissance en connaissant la tension et l'impédance.

La mesure de la puissance lors de la conversion commune image-son est plus difficile. Comme le montre la figure 4, les porteuses image et son sont superposées. Dans ce cas, on peut par une mesure sélective de tensions mesurer séparément les deux signaux. Pratiquement, surtout lors des essais de réception, cette méthode s'avère peu commode. Une mesure de la valeur de crête avec un voltmètre à large bande à

4. Einige typische Prüfmethode

Die Abteilung Forschung und Versuche der schweizerischen PTT-Betriebe befasst sich anhand eines Pflichtenhefts mit den Typenprüfungen und Abnahmemessungen an Fernsehurnsetzern. Eine vollständige Qualitätsprüfung, wie sie die Typenprüfung darstellt, erfordert ein sehr umfangreiches Messprogramm mit entsprechender Messeinrichtung. Es wäre im Rahmen dieses Artikels nicht sinnvoll, das ganze Messprogramm in allen Einzelheiten zu beschreiben; hingegen sollen einige besondere Prüfmethode die charakteristischen Eigenheiten der gemeinsamen Bild- und Tonumsetzung noch etwas eingehender aufzeigen. Für die Beurteilung der Gerätequalität sind sie zudem von ausschlaggebender Bedeutung und werden sowohl bei der Typenprüfung als auch bei den Abnahmemessungen durchgeführt.

Ausgangsleistung

Als Nennleistung eines Fernsehurnsenders definiert man jene Leistung, die während der Zeit der Synchronimpulse auftritt. Es ist dies die höchste und immer gleichbleibende Leistung, die der Sender abstrahlt (CCIR-Norm). Der zugehörige Tonsender strahlt im Vergleich dazu eine konstante, fünfmal kleinere Trägerleistung ab.

Bei getrennten Bild- und Tonkanälen bietet die Leistungsmessung keine Schwierigkeiten, da beide Leistungen einzeln messbar sind. Beim modulierten Bildträger muss lediglich beachtet werden, dass nicht jeder Leistungsmesser die Synchronpegelleistung anzeigen kann; ein Thermistor kann dies beispielsweise nicht. Die Synchronpegelleistung lässt sich mit diesem Messgerät nur bei gleichbleibendem Bildinhalt mit einem Korrekturfaktor berechnen. Direkt messbar ist die Nennleistung nur mit einem den Spitzenwert messenden Spannungsmesser, mit Leistungseichung für eine vorgeschriebene Impedanz oder durch entsprechende Leistungsberechnung aus Spannung und Impedanz.

Schwieriger ist die Leistungsmessung bei gemeinsamer Bild- und Tonumsetzung. Wie Figur 4 zeigt, sind Bild- und Tonträger einander überlagert. Durch eine selektive Spannungsmessung lassen sich auch in diesem Fall die beiden Signale getrennt messen. In der Praxis, besonders bei Abnahmemessungen, erweist sich diese Messmethode jedoch als ungeeignet. Zweckmäßiger ist eine Spitzenspannungsmessung mit einem breitbandigen Diodenvoltmeter, wie sie mit reduziertem Aufwand auch bei den eingebauten Leistungsanzeigern im Fernsehurnsetzer angewandt wird. Aus dem während der Synchronimpulse auftretenden Effektivwert der Summenspannung U^* und der Impedanz Z_0 des Systems lässt sich die Nennleistung wie folgt berechnen:

$$U^* = U_{SP} + U_{TT} \quad (1)$$

U^* : Mit dem Diodenvoltmeter messbare Summenspannung

U_{SP} : Synchronpegelspannung des Bildträgers

U_{TT} : Tonträgerspannung

diode est plus pratique; elle se fait aussi, avec un appareillage simplifié, à l'indicateur de puissance incorporé au réémetteur. On calcule alors la puissance nominale comme il suit, en partant de la valeur mesurée de la somme des tensions U^* et de l'impédance du système Z_0 :

$$U^* = U_{ic} + U_s \quad (1)$$

U^* = Tension globale lue au voltmètre à diode

U_{ic} = Valeur de crête de la porteuse image

U_s = Tension de la porteuse son

La relation entre les puissances image et son s'obtient en tenant compte des formules:

$$P_{ic} = \frac{U_{ic}^2}{Z_0} \quad \text{et} \quad P_s = \frac{U_s^2}{Z_0}$$

P_{ic} = Puissance de crête (dite nominale) de l'émetteur image

P_s = Puissance de l'émetteur son

En introduisant les relations ci-dessus dans l'équation 1, on trouve

$$U^* = \sqrt{P_{ic} \cdot Z_0} + \sqrt{P_s \cdot Z_0}$$

Pour les normes CCIR où $P_s = P_{ic}/5$, on calcule la puissance nominale pour un système à 50 Ω comme il suit:

$$P_{ic} = \frac{U^{*2}}{104,8} \quad (2)$$

Par hypothèse, le rapport des puissances à la sortie de l'émetteur doit être exactement maintenu.

A titre d'exemple, on a calculé ci-dessous la tension globale à la sortie d'un réémetteur de 5 W.

$$\begin{aligned} U^* &= 10,23 \sqrt{P_{ic}} \\ &= 10,23 \sqrt{5} = 22,9 \text{ V} \end{aligned}$$

Cette valeur de la tension ne doit pas être introduite dans la formule donnant la puissance $P = U^2/Z_0$, car la valeur de la puissance en résultant ne se présente pas en réalité.

Oscillations dérivées

La figure 5 représente le spectre d'un réémetteur de télévision avec conversion commune image et son. Les oscillations dérivées, porteuse image $-5,5$ MHz et porteuse son $+5,5$ MHz, doivent selon le cahier des charges avoir un niveau d'au moins 40 dB, 60 dB pour toutes les autres, au-dessous du niveau de la porteuse image.

La figure 10 montre le dispositif de mesure des oscillations dérivées. On alimente l'appareil à mesurer avec les porteuses non modulées. La tension de la porteuse image vaut par exemple 1 mV, celle de la porteuse son 0,45 mV correspondant à la différence de niveau de 7 dB normalisée. L'émetteur travaille à puissance nominale sur une antenne artificielle, munie d'un dispositif amenant à amplitude réduite le spectre émis à un voltmètre sélectif HF. Cette mesure n'offre pas de difficultés particulières si les porteuses sont stabilisées par un quartz et si le

Den Zusammenhang mit der Bild- und Tonleistung findet man durch Einsetzen der Gleichungen:

$$P_{SP} = \frac{U_{SP}^2}{Z_0} \text{ und } P_{TT} = \frac{U_{TT}^2}{Z_0}$$

P_{SP} = Synchronpegelleistung beziehungsweise Nennleistung des Bildsenders

P_{TT} = Tonträgerleistung

in Gleichung (1)

$$U^* = \sqrt{P_{SP} \cdot Z_0} + \sqrt{P_{TT} \cdot Z_0}$$

In der CCIR-Norm mit dem Leistungsverhältnis

$P_{TT} = \frac{P_{SP}}{5}$ lässt sich die Nennleistung P_{SP} im 50-Ω-System wie folgt berechnen:

$$P_{SP} = \frac{U^{*2}}{104,8} \quad (2)$$

Voraussetzung für diese Berechnung ist immer ein genaues Leistungsverhältnis am Senderausgang.

Als Beispiel sei hier die resultierende Summenspannung am Senderausgang eines 5-W-Fernsehumsetzers berechnet.

$$U^* = 10,23 \sqrt{P_{SP}} \\ = 10,23 \sqrt{5} = 22,9 \text{ V}$$

Diese Spannung darf nicht in die Leistungsformel $P = \frac{U^2}{Z_0}$ eingesetzt werden, da die daraus resultierende Leistung in Wirklichkeit nicht auftritt.

Nebenwellen

In Figur 5 ist das zu messende Nebenwellenspektrum eines Fernsehumsetzers mit gemeinsamer Bild- und Tonumsetzung dargestellt. Nach Pflichtenheft müssen die störenden Nebenwellen, Bildträger $-5,5$ MHz und Tonträger $+5,5$ MHz, mindestens 40 dB und alle weiteren 60 dB Abstand bezüglich der Bildträgeramplitude aufweisen.

Die Pegelmessung erfolgt nach der in Figur 10 dargestellten Messanordnung. Dabei speist man das Messobjekt mit den unmodulierten Trägerfrequenzen. Die Bildträgerspannung beträgt beispielsweise 1 mV und die Tonträgerspannung 0,45 mV, entsprechend dem genormten Pegelabstand von 7 dB. Der Sender arbeitet mit Nennleistung auf eine Kunstlast, in deren Zuleitung eine Koppelschleife das Sendespektrum mit reduzierter Amplitude einem selektiven HF-Pegelmesser (Feldstärkemessgerät) zuführt. Keine besonderen Schwierigkeiten bietet diese Messung, wenn die Träger quartzgesteuert sind und die Selektivität des HF-Pegelmessers den Anforderungen genügt. In den Frequenzbereichen 470...960 MHz (Band IV/V) ist aus diesem Grunde eine genaue Messung nur mit den hochwertigsten Messgeräten durchführbar.

Kreuzmodulation

Figur 6 zeigt als Beispiel ein HF-Spektrum mit der störenden 3,5-MHz-Kreuzmodulationskomponente (KM), die durch eine 2-MHz-Bildmodulationskom-

voltmètre HF est suffisamment sélectif. Dans la bande de fréquences de 470 à 960 MHz (bandes IV et V), une mesure précise n'est, pour cette dernière raison, possible qu'avec un appareil de très haute qualité.

Intermodulation

La figure 6 donne l'exemple d'un spectre HF avec la composante d'intermodulation parasite à 3,5 MHz KM, se comportant comme une composante de modulation à 2 MHz. Pour que cette composante ne soit pas gênante dans l'image, sa valeur crête-à-crête doit être inférieure de 34 dB à la valeur d'un saut noir-blanc de la modulation image.

Pour la mesure, il se révèle pratique de choisir un spectre, tel celui représenté à la figure 11, dans lequel les niveaux sont choisis de manière que la composante de modulation et la porteuse reproduisent un saut noir-blanc. De cette façon, pour une fréquence de modulation donnée, le rapport cherché se résume à une simple mesure des niveaux de M et KM à la sortie de l'appareil à mesurer.

$$\text{Rapport de perturbation} = 20 \log \frac{U_M}{U_{KM}}$$

Pratiquement, on constate une certaine dépendance en fréquence de l'évaluation des composantes dérivées et on a l'habitude de mesurer le rapport de perturbation en fonction de la fréquence de modulation (par exemple à 1, 2, 3 et 4 MHz).

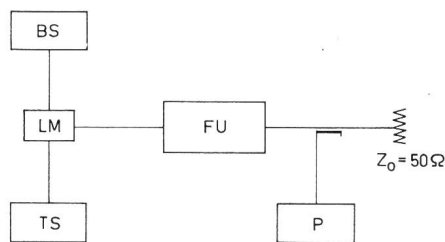


Fig. 10
Messanordnung zur Nebenwellenmessung
Dispositif de mesure des oscillations dérivées

- BS = Bildsender - Emetteur image
- TS = Tonsender - Emetteur son
- LM = linearer Mischer - Mélangeur linéaire
- FU = Fernsehumsetzter - Convertisseur
- P = selektiver HF-Pegelmesser - Voltmètre sélectif HF

En théorie, cette méthode semble simple, mais son application présente des difficultés considérables. Il n'est pas facile de se procurer les appareils nécessaires au dispositif de la figure 12. La stabilité de la fréquence des trois émetteurs de mesure, par exemple pour les bandes IV et V, doit être de l'ordre de grandeur de 10^{-6} , l'émetteur pour la composante de modulation variable doit avoir une précision de réglage de ± 100 kHz. A la sortie de l'appareil à mesurer, on doit disposer d'un voltmètre HF, dont la sélectivité dans la bande de 470 à 960 MHz doit permettre de mesurer deux niveaux de 40 dB de différence à deux fréquences distantes de 500 kHz. Une variante du

ponente (M) gebildet wird. Damit nun eine solche Komponente im Bild nicht störend in Erscheinung tritt, muss ihr Spitze-zu-Spitze-Wert einen Pegelabstand von mindestens 34 dB auf den Schwarzweiss-Sprung der Bildmodulation aufweisen.

Für die Messung erweist es sich am zweckmässigsten, ein Steuerspektrum nach *Figur 11* zu erzeugen, indem die Pegel so gewählt werden, dass die Modulationskomponente mit dem Bildträger zusammen einen Schwarzweiss-Sprung bildet. Auf diese Weise lässt sich durch eine einfache Pegelmessung von M und KM am Ausgang des Messobjekts der Abstand für eine bestimmte Modulationsfrequenz direkt bestimmen.

$$\text{Störabstand} = 20 \log \frac{U_M}{U_{KM}}$$

In der Praxis zeigt sich indessen eine gewisse Frequenzabhängigkeit bei der Bildung der Störkomponenten; es ist daher angebracht, den Störabstand in Funktion der Modulationsfrequenz zu messen (beispielweise auf 1, 2, 3 und 4 MHz).

Theoretisch scheint diese Messmethode sehr einfach zu sein, in der praktischen Anwendung stösst man jedoch auf erhebliche Schwierigkeiten. Bereits die Beschaffung geeigneter Messgeräte zum Aufbau der Messanordnung nach *Figur 12* ist nicht leicht. Die Frequenzstabilität der drei Messsender muss für die Bänder IV/V die Grössenordnung 10^{-6} erreichen, wobei der Sender für die Modulationskomponente mit einer Einstellgenauigkeit von ± 100 kHz variabel sein sollte. Am Ausgang des Messobjekts muss ein HF-Pegelmesser (Feldstärkemesser) zur Verfügung stehen, dessen Selektivität im Bereich 470...960 MHz zwei Pegel mit 40 dB Unterschied im Abstand von nur 500 kHz zu messen erlaubt. Eine weniger genaue Variante ist die Messung des Pegels nach der Demodulation mit einem Fernseh-Messdemodulator. Dabei ist aber zu beachten, dass der Demodulator dieselbe Kreuzmodulation erzeugt. Für Messzwecke muss dessen eigener Störabstand mindestens 60 dB betragen, soll das Messergebnis nicht beeinflusst werden. Der selektive Videopegelmesser stellt kein Problem dar, weil im Frequenzbereich 0...5 MHz sehr gute Messgeräte zur Verfügung stehen.

Verfolgt man die Störabstände über einige Jahre, so zeigt sich, dass erst die modernste Technik die Probleme der Kreuzmodulation befriedigend zu lösen vermochte. Die besten Geräte aus den Anfängen der Umsetzertechnik erreichten Störabstände von 25...30 dB. Trotzdem laufen diese Geräte zur Zufriedenheit der Abonnenten, weil in einer gewöhnlichen Live-Sendung der Störeffekt statistisch auftritt und daher nur schwer erkennbar ist. Im weiteren Ausbau des Fernsehernetzes, besonders bei der Kettenschaltung von Umsetzerstationen, dürfen jedoch solche Geräte nicht mehr eingebaut werden. Versuche mit Farbübertragungen ergaben ebenfalls unbefriedigende Resultate, so dass auch in dieser Hinsicht wesentlich verbesserte Geräte erforderlich sein werden.

dispositif est la mesure après démodulation par un démodulateur de mesure de télévision. Il faut veiller à ce que ce démodulateur n'introduise pas d'intermodulation supplémentaire. Un rapport d'intermodulation propre à un démodulateur de 60 dB n'influence pas la précision des mesures de réémetteurs. Le voltmètre sélectif vidéo ne pose pas de problème; d'excellents appareils dans le domaine de 0 à 5 MHz sont à disposition.

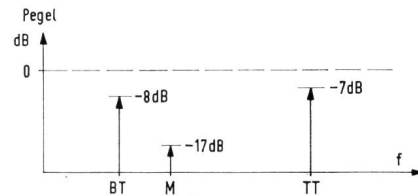


Fig. 11

Ansteuerspektrum zur Kreuzmodulationsmessung
Spectre utilisé pour la mesure de l'intermodulation

BT = Bildträger - Porteuse image
TT = Tonträger - Porteuse son
M = Modulation (ein Seitenband) - Modulation (une seule bande latérale)

Si on suit, depuis quelques années, l'évolution des valeurs du rapport d'intermodulation, on remarque que la technique moderne tend à résoudre de façon satisfaisante le problème de l'intermodulation. Les meilleurs appareils des débuts de la technique des réémetteurs de télévision avaient 25 à 30 dB de rapport d'intermodulation. Malgré cela, ces appareils fonctionnent à la satisfaction des téléspectateurs, car pour une émission animée normale, l'effet perturbateur apparaît d'une manière statistique et est pour cette raison difficilement reconnaissable. Ces appareils ne doivent cependant pas être utilisés pour une extension du réseau des réémetteurs, spécialement lors d'un montage de réémetteurs en cascade. Des essais de transmission de télévision en couleur ont

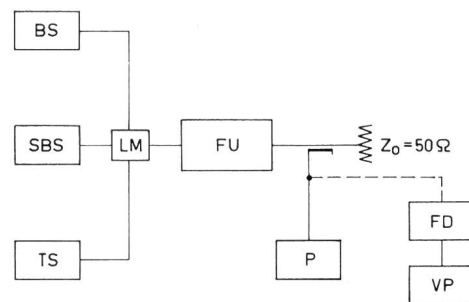


Fig. 12

Messanordnung zur Kreuzmodulationsmessung
Dispositif de mesure de l'intermodulation

BS = Bildsender - Emetteur image
TS = Tonsender - Emetteur son
SBS = Seitenbandsender - Emetteur de bande latérale
LM = linearer Mischer - Mélangeur linéaire
FU = Fernsehumssetzer - Réémetteur
P = selektiver HF-Pegelmesser (Feldstärkemesser) - Voltmètre sélectif HF
FD = Fernseh-Messdemodulator - Démodulateur de mesure TV
VP = Video-Pegelmesser - Voltmètre vidéo

Ausrüstung eines Umsetzermessplatzes

Eine rationelle Typenprüfung und Abnahmemessung erfordert, verglichen mit dem Prüfling, einen enorm kostspieligen Aufwand an Messgeräten. Die Investition für eine Grundausrüstung erreicht sofort mehrere 100 000 Franken. Neben verschiedenen Bildquellen und zusätzlichen Messsendern muss auf der Eingangsseite ein vollständiger Fernsehsender (Bild- und Tonsender) nachgebildet werden. Auf der Ausgangsseite benötigt man einen sehr hochwertigen Empfänger und verschiedene Geräte zur Analyse von Bild- und Tonsignalen. Will man zudem alle Fernsbänder I..V (50...960 MHz) beherrschen, so sind bei einigen Instrumenten, wie Bild- und Tonsender sowie Empfänger, mehrere, besonders für Band IV/V sehr teure Geräte notwendig.

Dieser Umstand hält denn auch kleinere Firmen, die Fernsehumsitzer bauen wollen, von der Beschaffung einiger Spezialmessgeräte zurück, die für eine erfolgreiche Entwicklung vorausgesetzt werden müssen. Bei der Typenprüfung zeigen sich dann vielfach Mängel, die zum Teil grundsätzlicher Natur sind und die Brauchbarkeit des Gerätes in Frage stellen.

5. Ausblick

Obschon die Technik der modernsten Fernsehumsitzer einen beachtlich hohen Stand erreicht hat, steht sie noch lange nicht am Ende ihrer Entwicklung. Besonders im Blick auf ein künftiges Farbfernsehen genügen die Eigenschaften der gegenwärtig im Betrieb stehenden Umsitzer nicht. Aber auch schon bei der in unserem Lande verwirklichten Kettenschaltungen mehrerer Umsitzer zeigen sich Mängel, die an der Grenze des Tragbaren liegen. Zudem wird mit fortschreitendem Ausbau das Versorgungsnetz immer engmaschiger, so dass zur Vermeidung gegenseitiger Störungen zusätzliche Empfangsfilter notwendig werden und der Wunsch nach Offsetbetrieb aufkommt. Ferner ist die Transistorisierung nicht ausser acht zu lassen. Ihre Anwendung beim Fernsehumsitzer ist nicht zuletzt eine Frage der Senderleistung, die wiederum von der Standortwahl, dem Versorgungsbe- reich, das heisst letzten Endes vom Konzept der Netzplanung, abhängt. Für den Konstrukteur ist es keine leichte Aufgabe, alle künftigen technischen Forderungen bei möglichst niedrigen Gestehungskosten zu erfüllen, wie sie allgemein von Fernsehumsitzern erwartet werden.

Gute Voraussetzungen zur Lösung vieler Planungsaufgaben bietet die Bauweise mit genormter Zwischenfrequenz. Sie ermöglicht beispielsweise die Lagerhaltung von Grundeinheiten bei den PTT-Betrieben, was bei den gegenwärtigen Lieferfristen von 1-2 Jahren den Ausbau des Versorgungsnetzes wesentlich erleichtert. Ebenfalls ist ein Kanalwechsel, wie er sich mit zunehmender Senderdichte infolge unvorhergesehener Ausbreitungserscheinungen aufdrängen kann, ohne kostspieligen Aufwand möglich.

Mit dichter werdendem Sendernetz drängt sich auch die Einbeziehung der Fernsbänder IV und V

également donné des résultats non satisfaisants, de sorte qu'à cet égard des appareils passablement améliorés seront nécessaires.

Équipement d'une place de mesure pour réémetteurs

Des contrôles de type et les essais de réception rationnels exigent relativement à l'appareil à mesurer un équipement de mesure très coûteux. L'investissement pour un équipement de base atteint rapidement quelques centaines de milliers de francs. A côté de quelques sources d'image et d'émetteurs de mesure supplémentaires, on doit à l'entrée disposer d'un émetteur de télévision complet (image et son). A la sortie, on a besoin d'un récepteur de haute qualité et de différents appareils pour l'analyse des signaux image et son. Si on veut couvrir toutes les bandes de télévision de I à V (50 à 960 MHz), quelques instruments (par exemple émetteur image et son, récepteur) sont très chers, spécialement pour les bandes IV et V. Cet état de fait est un gros handicap pour les petits fabricants qui voudraient construire les réémetteurs, mais ne peuvent acquérir ces appareils de mesure spéciaux nécessaires au développement technique. Lors du contrôle de type, on trouve alors souvent des défauts de principe mettant en question l'utilisation de l'appareil.

5. Conclusion

Bien que, dans les réémetteurs de télévision les plus modernes, la technique ait atteint un haut degré de précision, ils ne sont pas et de loin à la fin de leur développement. Spécialement du point de vue de la future télévision en couleur, les caractéristiques des réémetteurs actuellement en service ne sont pas suffisantes. Les chaînes de réémetteurs réalisées dans notre pays montrent déjà certaines insuffisances, à la limite tolérable, pour la télévision noir-blanc. En plus, l'extension d'un réseau toujours plus serré exige des filtres d'entrée supplémentaires empêchant une gêne mutuelle; pour cette raison, on songe également à un décalage de précision. Plus tard, il faudra se préoccuper de la transistorisation. L'utilisation des semi-conducteurs dans les réémetteurs de télévision n'est pas une question de puissance d'émission, laquelle dépend du site de l'antenne et de la zone de couverture, c'est-à-dire enfin de la conception du réseau. Pour le constructeur, ce n'est pas un petit problème que de combiner les techniques modernes avec un prix de revient si possible bas, tous deux désirés pour un réémetteur de télévision.

La technique de la fréquence intermédiaire normalisée permet la solution de nombreux problèmes de planification. Elle permet par exemple aux PTT l'emmagasinage d'unités de base facilitant grandement la construction d'un réseau, car les délais de livraison sont de un à deux ans. Le changement de canal est possible sans grands frais, ce qui permet de tenir compte des phénomènes de propagation inattendus dus au nombre sans cesse croissant des émetteurs.

(470...960 MHz) auf. Während in den bisher verwendeten Bändern I und III (50...230 MHz) noch die Technik mit konzentrierten Bauelementen vorherrscht, führt in diesem Frequenzbereich nur die Koaxialtechnik zum Ziel. Vom technischen Standpunkt her betrachtet, wirkt sich diese Bauweise insofern vorteilhaft aus, weil mit ihr viele elektrische Daten besser realisierbar sein werden. Dagegen steigen die Produktionskosten auf ein Mehrfaches der bisherigen Band-I/III-Geräte. Als Beispiel sei hier der mittlere Preis eines 5-W-Fernsehumsetzers im Band III, der auf 10 000 Fr. zu stehen kommt, mit den rund 35 000 Fr. eines Gerätes gleicher Leistung im Band IV verglichen.

Dabei darf aber nicht übersehen werden, dass aus Gründen der Wellenausbreitung ein Gerät mit 5-W-Senderleistung im Band III eher mit einem solchen von 50 W im Band IV zu vergleichen ist, das heute etwa 45 000 Fr. kostet.

Gegenwärtig wird der Ausbau des schweizerischen Fernsehumsetzernetzes stark gefördert, so dass immer mehr auch kleinere Bevölkerungsteile (in Gebirgstälern) am Fernsehen teilnehmen können. Unliebsam für eine Anzahl bereits vorhandener Fernsehteilnehmer sind die sich ergebenden veränderten Empfangsverhältnisse oder sogar Störungen, die oft eine nachträgliche Anpassung der Empfangsanlage notwendig machen. Im Bestreben, möglichst alle Bewohner unseres Landes mit dem schweizerischen Fernsehprogramm zu erreichen, erscheinen diese Schwierigkeiten aber tragbar und müssen von den Installateuren, den Organen der PTT wie auch den betroffenen Teilnehmern in Kauf genommen werden.

Le réseau de plus en plus serré d'émetteurs nécessite aussi l'utilisation des bandes de télévision IV et V (470 à 960 MHz). Tandis que pour les bandes I et III (50 à 230 MHz) actuellement utilisées la technique conventionnelle de construction est utilisée, les nouvelles fréquences nécessitent la technique des circuits coaxiaux. Du point de vue technique pur, cette technique est favorable, car les caractéristiques électriques désirées sont plus faciles à obtenir. Par contre, le prix de revient est plusieurs fois plus élevé pour les appareils en bandes IV et V que pour ceux en bandes I et III. En exemple, le prix moyen d'un réémetteur de 5 W en bande III est d'environ 10000 fr., tandis qu'un réémetteur de même puissance en bande IV revient à environ 35000 fr. En plus, il ne faut pas oublier qu'en raison de la propagation, une puissance de 5 W en bande III se compare à une puissance de 50 W en bande IV. Un tel réémetteur coûte environ 45000 fr.

Actuellement, le développement du réseau suisse des réémetteurs de télévision est considérable, permettant aussi aux petites communautés (vallées alpêtres) de bénéficier de la télévision. Malheureusement, pour un certain nombre d'abonnés possédant déjà une installation, les conditions de réception changent, amenant parfois des perturbations qui demandent une adaptation de l'installation de réception. En regard du but final, permettre la réception du programme suisse à tous les habitants de notre pays, ces difficultés sont supportables et doivent être résolues par les installateurs, les organes de l'entreprise des PTT et les concessionnaires intéressés.

Hinweis auf eingegangene Bücher

Hildebrand L. Fernsteuer-Praxis - Für Fernsteuer-Amateure und für solche, die es werden wollen. Berlin-Tempelhof, Jakob Schneider Verlag. 1963. 112 S., 92 Abb., Preis Fr. 10.20.

Bis vor wenigen Jahren war die Fernsteuerung von Auto-, Flug- und Schiffsmodellen eine reine Angelegenheit des Amateurs. Häufig kam nur der mit der Materie vertraute Bastler zum Ziel. Auch heute noch gibt es Modellbauer, die sich für die Elektronik der Modell-Fernsteuerung interessieren und im Selbstbau, ausser einer befriedigenden Freizeitgestaltung, die Möglichkeit zur Erweiterung ihrer fachlichen Kenntnisse finden. Weit grösser aber ist die Zahl jener, deren Liebhaberei lediglich die Fernsteuerung an sich ist, und die die dafür erforderlichen elektronischen Einrichtungen aus dem umfangreichen Angebot der Serienfertigung wählen. Obschon diese Fernsteuerungseinrichtungen, bevor sie auf den Markt gelangen, unter allen möglichen, auch ungünstigen Verhältnissen geprüft werden, können sie doch gelegentlich kleine Mängel und Störungen aufweisen. Auf sie kommt der Autor dieses Büchleins im besonderen zu sprechen, nachdem er eingangs die im Handel befindlichen Sender, Empfänger, Rudermaschinen usw. sowie deren Funktion, Ein- und Zusammenbau im allgemeinen erläutert hat. R.