

Verbesserung der Übertragungseigenschaften des 2TV-Multiplexsystems im GAZ = Amélioration des caractéristiques de transmission du système de multiplexage 2TV dans le réseau LAC

Autor(en): **Furrer, Jürg**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **65 (1987)**

Heft 4

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-874803>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Verbesserung der Übertragungseigenschaften des 2TV-Multiplexsystems im GAZ

Amélioration des caractéristiques de transmission du système de multiplexage 2TV dans le réseau LAC

Jürg FURRER, Bern

Zusammenfassung. Das im GAZ-Netz eingesetzte 2TV-Übertragungsverfahren erfordert von den Richtfunkverbindungen das strikte Einhalten der spezifizierten Linearität, andernfalls tritt zwischen den beiden im Frequenzmultiplexbetrieb übertragenen TV-Signalen Übersprechen auf. Das hier vorgestellte Trägerreduktionsverfahren optimiert nun das 2TV-Signal in seiner Hüllkurve derart, dass im benachteiligten Kanal trotz reduzierter Aussteuerung ein Gewinn sowohl im Übersprechen wie auch im Rauschabstand erreicht wird.

Résumé. Le système de transmission 2TV utilisé dans le réseau LAC exige que la linéarité spécifiée pour les liaisons à faisceaux hertziens soit strictement respectée, si l'on veut éviter l'apparition de diaphotie entre les signaux TV transmis selon le principe du multiplexage par répartition en fréquence. Le procédé de réduction de porteuse présenté optimise le signal 2TV dans son enveloppe de manière qu'un gain soit obtenu malgré la modulation réduite dans le canal défavorisé, tant au point de vue de la diaphotie qu'à celui du rapport signal/bruit.

Miglioramento delle proprietà trasmissive del sistema multiplex a due segnali TV nella rete GAZ

Riassunto. Il metodo di trasmissione di due segnali televisivi introdotto nella rete GAZ richiede che nei collegamenti in ponte radio sia rispettata rigorosamente la linearità specificata, altrimenti tra i due segnali televisivi trasmessi in esercizio a multiplex di frequenza si verificano effetti di diafonia. Con il sistema della riduzione della portante illustrato nell'articolo è possibile ottimizzare il duplice segnale TV nella sua curva di inviluppo in modo tale che nel canale svantaggiato si ottiene, nonostante modulazione ridotta, un guadagno sia della diafonia che del rapporto segnale rumore.

1 Einleitung

Im PTT-Richtstrahl-Zubringernetz für Gemeinschaftsantennen (GAZ) wird das 2TV-System zur frequenzökonomischen Übertragung von Fernsehsignalen eingesetzt. Dieses Frequenzmultiplexverfahren erlaubt das gleichzeitige Übertragen von zwei kompletten TV-Signalen über eine Richtfunkstrecke [1].

Das Übertragungsverhalten des zur Verfügung stehenden Richtfunkkanals beeinflusst die Qualität der beiden Fernsehsignale entscheidend; Übersprechen zwischen den beiden Bildsignalen entsteht bei nichtlinearem Kanalverhalten, während das thermische Rauschen und die Nichtlinearitäten (Intermodulationsrauschen) für den Geräuschabstand des Nutzsignals verantwortlich sind. Weil Intermodulation und Rauschen mit zunehmender Streckenlänge ansteigen, treten diese Störungen besonders am Ende des Zubringernetzes auf.

Da ein analoges Übertragungssystem immer mit gewissen Unzulänglichkeiten behaftet ist, ergibt sich das grundsätzliche Problem, das zu übertragende Signal dem zur Verfügung stehenden Kanal bestmöglichst anzupassen. Für das 2TV-Signal stellte sich somit die Frage nach der Optimierung bezüglich des Übersprechverhaltens. Dazu wurde der genaue Entstehungsvorgang dieser Störung abgeklärt und auf Grund der Erkenntnisse ein sogenanntes Trägerreduktionsverfahren aufgebaut, untersucht und vorgeschlagen [2]. Das Verfahren ermöglicht, günstigere Aussteuerungsverhältnisse innerhalb des Multiplexsignals zu schaffen, und führt trotz reduzierter Signalamplitude im benachteiligten TV2-Kanal zu einem um 8 dB besseren Übersprechabstand, bei gleichzeitiger Erhöhung des Rauschabstandes um 4 dB. Da auf dem Markt kein anwendbares Trägerreduktions-System existierte, mussten die Untersuchungen mit labormässigen Mitteln durchgeführt werden.

1 Introduction

Le système 2TV est utilisé dans le réseau des liaisons hertziennes d'apport aux antennes collectives (LAC) des PTT pour des raisons d'économie de fréquences lors de la transmission de signaux de télévision. Ce procédé de multiplexage par répartition en fréquence permet de transmettre simultanément deux signaux TV complets sur un trajet hertzien [1].

La manière dont se comportent les canaux hertziens disponibles en cours de transmission exerce une influence décisive sur la qualité des deux signaux de télévision; de la diaphotie entre les deux signaux d'images apparaît lorsque la caractéristique de transmission des canaux est non linéaire, alors que le rapport signal utile/bruit dépend du bruit thermique et des non-linéarités (bruit d'intermodulation). Etant donné que l'intermodulation et le bruit augmentent en fonction de la longueur du tronçon, ces dérangements apparaissent surtout à l'extrémité des liaisons d'apport.

Vu qu'un système de transmission analogique présente toujours certaines imperfections, le problème fondamental consiste à adapter le mieux possible le signal à transmettre aux caractéristiques du canal disponible. En ce qui concernait le signal 2TV, il s'agissait d'optimiser le comportement à l'égard de la diaphotie. A cet effet, on a examiné la genèse du dérangement et, se fondant sur les résultats obtenus, on a développé, examiné et proposé une méthode dite de réduction de la porteuse [2]. Cette méthode permet de créer des conditions de modulation plus favorables dans le signal multiplex et conduit, malgré l'amplitude réduite du signal dans le canal TV2 défavorisé, à une amélioration de 8 dB du rapport de diaphotie ainsi qu'à une augmentation du rapport signal/bruit de 4 dB. Vu qu'aucun système de réduction de la porteuse utilisable ne pouvait être obtenu

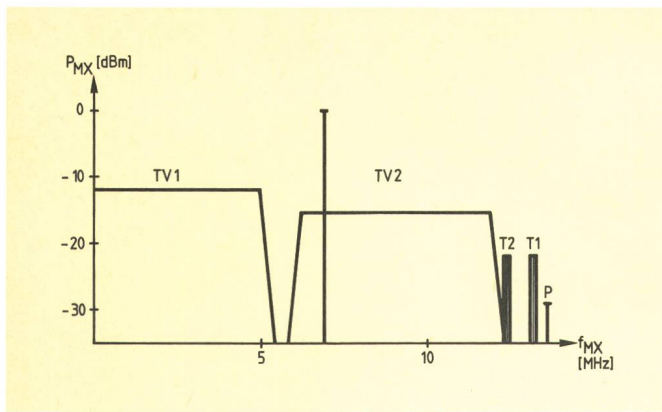


Fig. 1
2TV-Multiplex-Signal, am Pegelpunkti -22 dB – Signal multiplex 2TV, au niveau de -22 dB

P_{MX}	Multiplexsignal – Signal multiplex
f_{MX}	Multiplexsignalfrequenz – Fréquence du signal multiplex
TV1	Signal 1, Videolage – TV1 signal 1, position vidéo
TV2	Signal 2, RSB-moduliert – TV2 signal 2, modulation à bande latérale résiduelle (BLR)
T1	Ton 1 – Son 1
T2	Ton 2 – Son 2
P	Pilotsignal – Signal pilote

In der Zwischenzeit sind die fabrikationsreifen Trägerreduktionsausrüstungen, unter Berücksichtigung der für eine Nachrüstung der bestehenden Einheiten verfügbaren Platzverhältnisse, entwickelt worden. Die vorliegende Publikation soll das Trägerreduktionssystem und die Gründe, die dazu geführt haben, näher vorstellen.

2 Entstehung des Übersprechens im TV2-Signal

21 Aufbau und Übertragung des 2TV-Multiplex-Signals

Im bestehenden System erzeugt ein Multiplexer aus den beiden zu übertragenden TV-Signalen TV1 und TV2 das in *Figur 1* dargestellte Frequenzmultiplex-(MX-)Signal.

Das TV1-Bildsignal belegt dabei die Videolage 0 MHz...5 MHz, der komplette TV2-Kanal, als normales restseitenbandmoduliertes (RSB) TV-Signal, den Frequenzbereich 6,2 MHz...12,65 MHz. Der zum TV1-Kanal gehörende Tonträger sowie ein Kontinuitätspilot vervollständigen das MX-Signal. Sie sind in den nachfolgenden Betrachtungen allerdings weggelassen, da sie hier bedeutungslos sind.

Das Ausgangssignal des 2TV-Multiplexers gelangt nun über den Weg des FM-Modulators, der Richtfunkstrecke und des FM-Demodulators zum Demultiplexer, der daraus wiederum die ursprünglichen, einzelnen Signalkomponenten herstellt; das TV1-Signal steht dann, analog der eingangsseitigen Schnittstelle, in der Videolage und das TV2-Signal in der normierten TV-Zwischenfrequenzlage (ZF) zur Weiterleitung zur Verfügung.

22 Ursache der nichtlinearen Verzerrungen

Grundsätzlich ist die Übertragung eines beliebigen Frequenzmultiplexsignals durch ein System stets begleitet von der Bildung neuer, unerwünschter Frequenzen durch Intermodulation (IM), denn, wie bereits erwähnt,

sur le marché, les recherches ont dû être poursuivies avec des moyens de laboratoire. Dans l'intervalle, les équipements de réduction de la porteuse prêts à être fabriqués en série ont été développés, en fonction de la place disponible pour leur insertion dans les unités existantes. La présente publication présente le système de réduction de la porteuse et les raisons qui ont conduit à son développement.

2 Apparition de la diaphotie dans le signal TV2

21 Architecture du système et transmission du signal multiplex 2TV

Dans le système en question, un multiplexeur génère le signal multiplexé par répartition en fréquence (MX) à partir des deux signaux TV1 et TV2 à transmettre, ce qui ressort de la *figure 1*.

Le signal vidéo TV1 occupe la position 0 MHz... 5 MHz, alors que le canal TV2 complet – c'est-à-dire un signal TV normal à modulation à bande latérale résiduelle (RSB) – occupe la bande de fréquences 6,2 MHz...12,65 MHz. La porteuse son associée au canal TV1 ainsi qu'un signal pilote de continuité complètent le signal multiplex. Ces deux signaux ne sont pas traités dans les considérations qui suivent, étant donné qu'ils ne jouent en l'occurrence aucun rôle.

Le signal de sortie du multiplexeur 2TV traverse le modulateur FM, le trajet hertzien et le démodulateur FM et parvient au demultiplexeur qui reconstitue à nouveau les diverses composantes du signal d'origine; le signal TV1 est alors disponible dans la position vidéo comme dans l'interface d'entrée, et le signal TV2 dans la position de la fréquence intermédiaire TV (FI) normalisée pour l'acheminement ultérieur.

22 Cause des distorsions non linéaires

Par principe, la transmission d'un signal multiplexé quelconque par un système entraîne toujours la création de nouvelles fréquences indésirables par intermodulation (IM), étant donné, comme nous l'avons vu, que des caractéristiques de transmission idéales et absolument linéaires n'existent pas. Dans les transmissions à faisceaux hertziens, le signal MX est modulé en fréquence (FM). En règle générale, la distorsion linéaire que subit un signal FM sur la voie de transmission (par ex. amplitude, phase), se manifeste après la démodulation sous la forme d'une distorsion non linéaire (intermodulation) [3]. Des non-linéarités typiques apparaissant dans les radiocommunications hertziennes peuvent, comme le montre par exemple la *figure 2*, être dues à la réflexion des signaux dans les circuits d'alimentation d'antenne ou dans les câblages FI (adaptation); elles ne peuvent donc jamais être entièrement évitées.

L'amplitude de l'énergie additionnelle temporisée M exerce alors une influence directe sur la non-linéarité. Cette dernière est aussi une fonction du temps de détournement ΔT , une dépendance périodique pouvant être constatée tant par rapport à la fréquence de modulation que par rapport à la fréquence porteuse [2, 3].

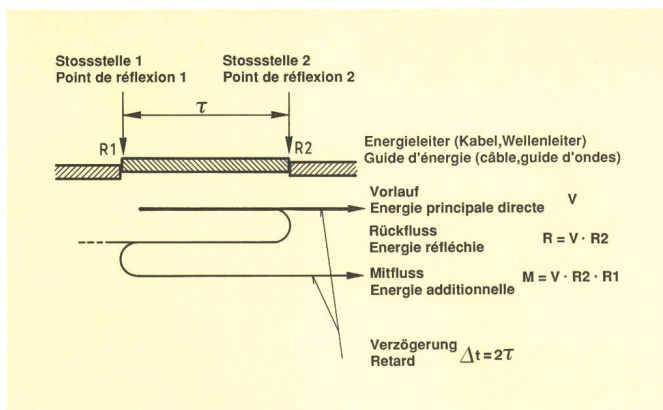


Fig. 2
Signalreflexion an Energieleiter – Réflexion du signal dans le guide d'énergie

bestehen keine idealen, absolut linearen Übertragungskennlinien.

Bei der Richtfunkübertragung wird das MX-Signal frequenzmoduliert (FM). Allgemein gilt für ein FM-Signal, das auf dem Übertragungsweg eine lineare Verzerrung (z. B. Amplitude; Phase) erfährt, dass dieses nach der Demodulation als nichtlineare Verzerrung (Intermodulation) erscheint [3]. Typische, beim Richtfunk auftretende Nichtlinearitäten können beispielsweise, wie *Figur 2* zeigt, durch Signalreflexionen an Antennenzuleitungen oder an ZF-Verkabelungen entstehen (Anpassung) und lassen sich nie ganz vermeiden.

Die Amplitude des verzögerten Mitflusssignals M beeinflusst dabei direkt die Nichtlinearität. Diese ist aber auch eine Funktion der Umwegzeit Δt , wobei hier eine periodische Abhängigkeit sowohl von der Modulations- als auch der Trägerfrequenz festzustellen ist [2, 3].

23 Pegelverhältnisse im Multiplexsignal

Betrachtet man die Pegelverhältnisse des MX-Signals in *Figur 1*, so fällt die Dominanz des TV2-Bildträgers auf; die tatsächlich ausnutzbare Seitenbandenergie dieses normgerechten, amplitudenmodulierten TV-Signals liegt jedoch 16 dB unter dem Bildträgerpegel und ist damit noch um 4 dB kleiner als das in der Videolage übertragene TV1-Signal.

Die über das ganze System erreichbaren Videogerausabstände sind denn auch, trotz des dominierenden TV2-Pegels, im TV1-Kanal um 5 dB besser als im getragerten TV2-Kanal. Ein gewisser Nachteil ist somit für das TV2-Signal in Kauf zu nehmen; andererseits bietet gerade die Übertragung des RSB-modulierten TV-Signals den Vorteil eines minimalen Qualitätsverlustes, da der Heimempfänger die Signale letztlich in dieser Form verarbeitet. Jeder RSB-Modulations- und Demodulationsprozess ist immer mit einer unvermeidlichen Qualitätseinbuße versehen, im Gegensatz zu der hier benötigten einfachen Frequenzumsetzung.

24 Intermodulation und Übersprechen

Ein vereinfachtes Modell des MX-Signals, dargestellt in *Figur 3*, soll nun den Zusammenhang zwischen dem Übersprechen und den dafür verantwortlichen IM-Pro-

23 Conditions de niveau du signal multiplexé

Si l'on considère les conditions de niveau du signal MX de la figure 1, on s'aperçoit que la porteuse image TV2 domine; l'énergie de bande latérale réellement utilisable de ce signal TV modulé en amplitude selon les normes est cependant de 16 dB inférieure au niveau de la porteuse image et, par conséquent, de 4 dB plus faible que le signal TV1 transmis en position vidéo.

Malgré le fait que le niveau TV2 domine, les rapports signal vidéo/bruit réalisables dans l'ensemble du système sont de 5 dB meilleurs dans le canal TV1 que dans le canal TV2 modulé par une sous-porteuse. Un certain inconvénient doit donc être pris en compte pour le signal TV2; d'autre part, la transmission par modulation à bande latérale résiduelle (BLR) du signal TV, offre précisément l'avantage d'une perte de qualité minimale, étant donné que le récepteur domestique traite finalement les signaux sous cette forme. Chaque procédé de modulation et de démodulation BLR entraîne donc inévitablement une perte de qualité, contrairement à la transposition de fréquence simple nécessaire en l'occurrence.

24 Intermodulation et diaphotie

Un modèle simplifié du signal MX est représenté à la *figure 3* et montre le rapport entre la diaphotie et les produits d'intermodulation qui en sont responsables; chacun des deux signaux image sont de plus simulés par un signal sinusoïdal à niveau maximal correspondant. En raison de la composante quadratique de la caractéristique de transmission, on voit notamment apparaître des produits d'intermodulation du deuxième ordre, en tant que somme f_{31} des deux fréquences individuelles F_{11} et F_2 . Etant donné que la porteuse image TV2 dominante possède une fréquence constante f_2 , toutes les composantes du signal TV1 apparaissent finalement additionnées de la fréquence f_2 dans le signal utile TV2. Cela signifie que la porteuse image TV2 subit une modulation parasite, en plus de la modulation utile, due au signal TV1. Après démodulation côté réception, on constate en effet que le signal vidéo TV1 récupéré dans sa position en fréquence correcte est superposé au signal vidéo TV2

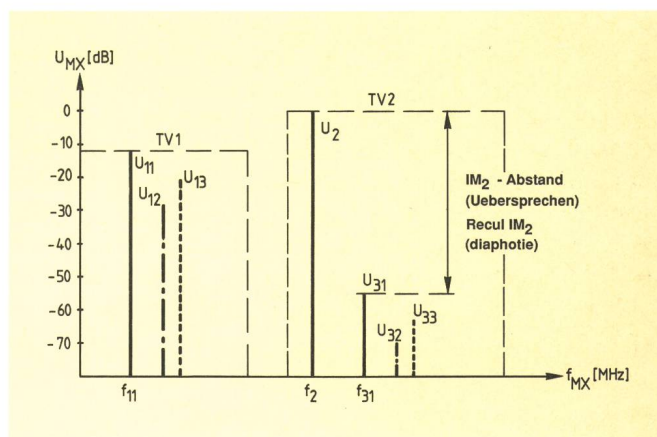


Fig. 3
Übersprechen TV1 nach TV2: Vereinfachtes Modell der Intermodulation 2. Ordnung – Diaphotie TV1/TV2: modèle simplifié d'une intermodulation du 2^e ordre
Erläuterungen im Text – Explications dans le texte

dukten zeigen; die beiden Bildsignale werden dazu durch je ein Sinussignal mit entsprechendem Maximalpegel simuliert.

Verursacht durch den quadratischen Anteil der Übertragungskennlinie, entstehen unter anderem Intermodulationsprodukte 2. Ordnung als Summe f_{31} der beiden einzelnen Frequenzen f_{11} und f_2 . Da der dominierende TV2-Bildträger eine konstante Frequenz f_2 aufweist, erscheinen schliesslich sämtliche Komponenten des TV1-Signals, addiert um diese Frequenz f_2 , im TV2-Nutzsignal. Dies bedeutet aber, dass der TV2-Bildträger neben seiner Nutzmodulation eine Störmodulation, verursacht durch das TV1-Signal, erhält. Nach der empfängerseitigen Demodulation ist denn auch dem gewünschten TV2-Videosignal das in korrekter Frequenzlage zurückerhaltene TV1-Videosignal als Übersprechstörung überlagert.

Für die Störsignalamplitude kann vereinfacht die folgende Beziehung geschrieben werden:

$$U_{31} = k_2 \cdot U_{11} \cdot U_2 \quad (f_{31} = f_{11} + f_2)$$

$$U_{32} = k_2 \cdot U_{12} \cdot U_2 \quad (f_{32} = f_{12} + f_2)$$

k_2 stellt darin den Koeffizienten des unerwünschten quadratischen Teils der Übertragungskennlinie dar.

Aus der Beziehung geht hervor, dass der Übersprechabstand linear abhängig vom Wert k_2 wie auch vom Videopegel TV1 ist. Der Bildträgerpegel TV2 beeinflusst den Störpegel ebenfalls linear; der Störabstand dagegen bleibt konstant, weil der Nutz- und der Störpegel gleichermaßen verändert werden. Dieser Zusammenhang ist für das hier beschriebene System von grosser Bedeutung; er ermöglicht, wie in Abschnitt 32 beschrieben, eine Verbesserung des Störabstandes im TV2-Kanal zu erzielen.

Da weiterhin der nichtlineare Anteil k_2 nach Betrag und Phase variieren kann [2], ist dasselbe Verhalten bei der Übersprechstörung möglich; das bedeutet, dass die Polarität des störenden Videosignals positiv oder negativ bzw. jede beliebige Phasenlage einnehmen kann.

Neben dieser beschriebenen Intermodulationsstörung treten natürlich weitere IM-Produkte, z. B. Differenzprodukte 2. Ordnung oder solche höherer Ordnung, auf. Bei der Richtfunkübertragung des 2TV-Signals zeigt sich jedoch, dass das IM-Verhalten dritter und höherer Ordnung bei der gewählten Aussteuerung keine Probleme bietet; die Aussteuerungsgrenze des Systems wird klar durch die Intermodulation 2. Ordnung begrenzt [2]. Die erwähnten IM_2 -Differenzprodukte fallen als Störer teilweise in den TV1-Kanal; im Gegensatz zum beschriebenen Übersprechen ist der entstehende Störcharakter jedoch ganz anders und die Störwirksamkeit dadurch wesentlich geringer.

25 Abhängigkeit des Übersprechens vom TV2-Bildinhalt

Wie bereits im vorangegangenen Abschnitt gezeigt wurde, ist die Übersprechamplitude linear von jedem einzelnen Bildsignal TV1 und TV2 abhängig, da es sich

désiré sous la forme d'une diaphotie gênante. En simplifiant les choses, on peut exprimer l'amplitude du signal perturbateur par l'expression suivante:

$$U_{31} = k_2 \cdot U_{11} \cdot U_2 \quad (f_{31} = f_{11} + f_2)$$

$$U_{32} = k_2 \cdot U_{12} \cdot U_2 \quad (f_{32} = f_{12} + f_2)$$

où k_2 représente le coefficient de la composante quadratique indésirable de la caractéristique de transmission.

La relation montre que l'écart de diaphotie dépend linéairement de la valeur k_2 ainsi que du niveau vidéo TV1. Le niveau de porteuse vidéo TV2 exerce aussi une influence linéaire sur le niveau perturbateur; le rapport signal/bruit, en revanche, demeure constant, parce que le niveau utile et le niveau perturbateur se modifient dans la même proportion. Dans le système décrit, cette relation revêt une grande importance; elle permet, comme cela ressort du paragraphe 32, d'obtenir une amélioration du rapport signal/bruit dans le canal TV2.

Etant donné que l'amplitude et la phase de la composante non linéaire k_2 peuvent continuer à varier [2], le même comportement que dans le cas de la perturbation par diaphotie est possible; cela signifie que la polarité du signal vidéo perturbateur peut être positive ou négative et adopter une position en phase quelconque.

En plus des perturbations d'intermodulation décrites, on observe évidemment d'autres produits d'intermodulation, par exemple des produits différentiels de deuxième ordre ou d'un ordre plus élevé. Dans les transmissions à faisceaux hertziens du signal 2TV, il y a toutefois lieu de remarquer que le comportement d'intermodulation de troisième ordre et d'ordre plus élevé ne crée pas de difficultés pour la modulation choisie; la limite de modulation du système est clairement imposée par l'intermodulation de deuxième ordre [2]. Les produits différentiels évoqués IM_2 apparaissent en partie comme perturbateurs dans le canal TV1; contrairement à ce qui se passe pour la diaphotie décrite, la nature des perturbations que cela provoque est très différente et partant, leur effet sensiblement moins prononcé.

25 Diaphotie dépendante du contenu de l'image TV2

Comme nous l'avons vu à l'alinéa précédent, l'amplitude de la diaphotie dépend linéairement de chacun des signaux d'image TV1 et TV2, étant donné qu'il s'agit d'une intermodulation de second ordre. Il serait donc possible d'améliorer le rapport signal/bruit dans le canal TV2 en réduisant le niveau du signal TV1 et en s'accommodant d'un moins bon rapport signal/bruit dans ce canal. En revanche, une diminution de niveau dans la voie TV2 n'améliorerait pas le rapport de diaphotie, étant donné que le niveau utile et le niveau perturbateur varient parallèlement; le niveau TV 2 est cependant déterminant et fixé pour le rapport signal/bruit.

Dans les déductions qui précèdent, on a admis que le niveau d'image TV2 dépendant de la modulation et déterminant pour la valeur d'intermodulation était un signal sinusoïdal non modulé; cette valeur maximale n'est en

um Intermodulation zweiter Ordnung handelt. Der Störabstand im TV2-Kanal könnte somit durch eine Pegelreduktion des TV1-Signals, unter entsprechender Einbusse des Rauschabstandes in diesem Kanal, verbessert werden. Eine Pegelreduktion im TV2-Pfad würde dagegen keine Verbesserung des Übersprechabstandes bewirken, weil Nutz- und Störpegel gleichermaßen ändern; der TV2-Pegel ist aber für den Rauschabstand verantwortlich und somit festgelegt.

Bei der obigen Herleitung wurde der für die Intermodulation massgebende, modulationsabhängige TV2-Bildpegel als unmoduliertes Sinussignal angenommen; dieser Maximalwert wird allerdings nur zur Zeit des Synchronimpulses erreicht. In der übrigen Zeit berechnet sich der von der Bildhelligkeit abhängige Momentanwert als Vektorsumme des Trägers und der (Luminanz-)Seitenbandenergie:

Tabelle I. Momentanwert des TV2-Bildpegels bezogen auf dem Bildinhalt

Tableau I. Valeur instantanée du niveau d'image TV2 en fonction du contenu de l'image

Bildinhalt Contenu de l'image	Momentanwert des TV2-Bildpegels Valeur instantanée du niveau d'image TV2	
Synchronwert Valeur de synchronisation	100 % der Hüllkurve de l'enveloppe	0 dBr
Schwarzwert Noir	73 %	-2,73 dB
Grauwert 50 % Gris	41,5 %	-7,64 dB
Weisswert Blanc	10 %	-20 dB

Die in der CCIR-Fernsehnorm B/G angewendete negative Modulationspolarität führt zu einer minimalen Momentanleistung bei einem weissen Bildinhalt. Durchfährt man die Modulationskennlinie von Schwarz bis Weiss mit einem Rampensignal, ergibt sich eine Hüllkurve gemäss *Figur 4* (Zeitbereich).

Bei konstantem TV2-Bildträgerpegel (Synchronwert), jedoch variablem Bildinhalt ändert also der momentane Bildpegel entsprechend der zeitlichen Funktion des Bildinhaltes. Somit wird auch das Übersprechen vom kanaleigenen Bildinhalt linear abhängig; bei dunklem Bildinhalt erscheint dadurch die Störung etwa 17 dB stärker als bei einem Weissbild.

3 Das Trägerreduktionsverfahren

31 Prinzip

Das Trägerreduktionsverfahren kann grundsätzlich bei der Amplitudenmodulation (AM) angewendet werden; es beruht darauf, dass ein AM-Signal die zu übertragende Nachricht als Seitenbandenergie beinhaltet, während der zugehörige Träger, dessen Energie immer grösser als die des Seitenbandes ist, zum Signaltransport eigentlich nicht benötigt wird.

fait atteinte qu'à l'arrivée de l'impulsion de synchronisation. Durant les autres phases, la valeur instantanée se calcule à partir du vecteur somme de la porteuse et de l'énergie de bande latérale (luminance) (tabl. I).

La polarité de modulation négative appliquée dans la norme de télévision B/G du CCIR conduit à une puissance momentanée minimale au moment où le contenu de l'image est blanc. Si l'on applique un signal en palier à la caractéristique de modulation en passant du noir au blanc, on obtient l'enveloppe représentée à la *figure 4* (domaine temporel).

Pour un niveau de porteuse image TV2 constant (valeur synchrone), mais un contenu d'image variable, le niveau d'image instantané varie donc selon la fonction temporelle du contenu de l'image. De ce fait, la diaphotie devient également dépendante du contenu de l'image du canal selon une loi linéaire; pour une image à contenu foncé, la perturbation apparaît donc d'environ 17 dB plus intense que dans le cas d'une image blanche.

3 Procédé de réduction de la porteuse

31 Principe

Le procédé de réduction de la porteuse peut en principe être utilisé dans le cas de la modulation d'amplitude (AM). Le signal AM contient l'information à transmettre sous forme d'énergie de bande latérale, alors que la porteuse associée, dont l'énergie est toujours plus importante que celle de la bande latérale, n'est en fait pas nécessaire pour le transport du signal.

Si l'on parvient à réduire ou même à supprimer la porteuse, l'information peut malgré tout être transmise avec le même rapport signal/bruit, bien que la puissance globale du signal puisse être considérablement réduite. Dans un système de multiplexage par répartition en fréquence, les signaux ainsi conditionnés permettent de ré-

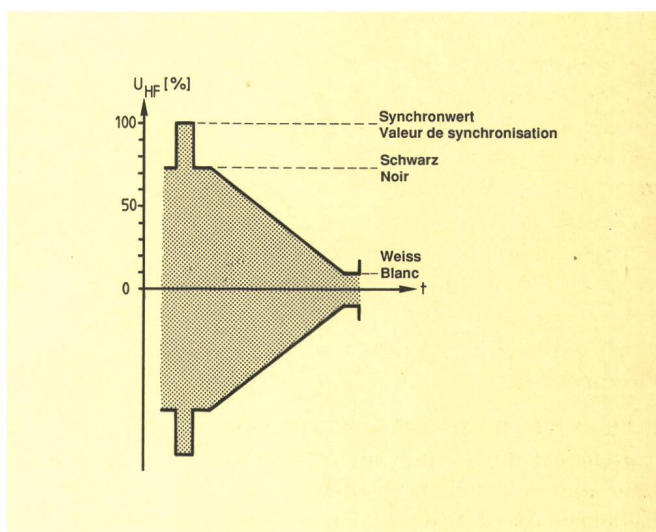


Fig. 4
TV-Signal-Hüllkurve – Enveloppe du signal TV

Zeitlicher Verlauf des hochfrequenten Luminanz-Bildpegels im Zweiseitenbandbereich; Modulation mit Schwarz-Weiss-Rampensignal – Allure dans le temps du niveau de la luminance image haute fréquence dans le domaine de la double bande latérale; modulation par un signal en palier noir-blanc

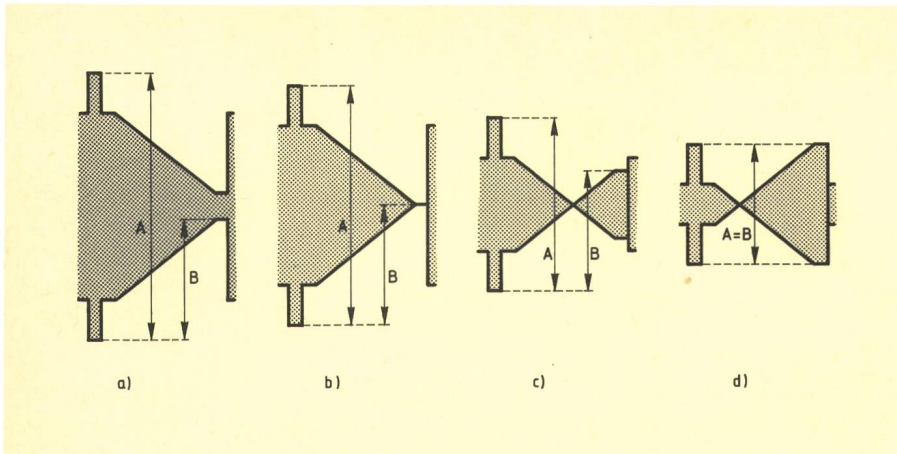


Fig. 5
Hüllkurve bei zunehmender Trägerreduktion – Enveloppe dans le cas d'une réduction progressive de la porteuse
 Übergang vom normalmodulierten TV-Signal zum trägerreduzierten TV-Signal – Passage du signal TV à modulation normale à la modulation avec porteuse réduite
 A Maximalwert der Hüllkurve – Valeur maximale de l'enveloppe
 B Maximalwert der Modulationsfunktion – Valeur maximale de la fonction de modulation

Gelingt es, den Träger zu reduzieren oder gar zu unterdrücken, so kann die Nachricht trotzdem mit dem gleichen Signal/Rausch-Verhältnis übertragen werden, obwohl die gesamte Signalleistung beträchtlich verkleinert werden kann. In einem Frequenzmultiplexsystem helfen derartig aufbereitete Signale, die Intermodulationsbelastung zu reduzieren oder aber bei gleichen IM-Verhältnissen das Signal/Rausch-Verhältnis zu verbessern.

Am Ende eines solchen Übertragungssystems muss allerdings für eine Signalrestaurierung gesorgt werden, damit die empfängerseitige Demodulation, die nun auf den Träger angewiesen ist, wiederum möglich wird.

32 Das Trägerreduktionsverfahren im 2TV-System

Wird das Verfahren im 2TV-System am geträgerten TV2-Signal angewendet, so erlaubt die damit erreichbare Verkleinerung der Hüllkurve eine entsprechende Reduktion des Übersprechens. In *Figur 5* soll der Übergang vom normalmodulierten TV-Signal zum trägerreduzierten Signal, jeweils mit konstanter Modulationsleistung, als Zeitfunktion dargestellt werden.

Die Reduktion der Summen-Hüllkurve A, bei gleichbleibender Modulations-Hüllkurve B, ist offensichtlich. Gleichzeitig fällt der neu entstehende Nulldurchgang auf; dieser erfolgt, wenn der momentane Seitenband- und der Trägervektor gleich gross sind. Bei der normalen Amplitudenmodulation ist in diesem Fall ein Modulationsgrad von $m = 100\%$ erreicht. Ein Überschreiten von $m = 100\%$ bedeutet aber nicht, dass Modulationsverzerrungen entstehen, denn der Modulationsgrad definiert lediglich das Verhältnis der Seitenband- zur Trägeramplitude.

In *Figur 5d* ist der Extremfall der minimalen Hüllkurve abgebildet; diese stellt sich dann ein, wenn der maximale und der minimale Wert des Modulationssignals (Synchronspitze bzw. Weisswert) im modulierten Ausgangssignal dasselbe Niveau erreichen. Mit diesem Arbeitspunkt wäre der maximale Intermodulationsgewinn zu erreichen; dem stände allerdings als Nachteil eine erschwerte Trägerregeneration auf der Empfangsseite gegenüber, weil als Folge der grösseren Trägerunterdrückung die zur Trägerrückgewinnung eingesetzte Phasen-

duire die gêne par intermodulation, mais aussi d'améliorer le rapport signal/bruit pour des mêmes conditions d'intermodulation.

À l'extrémité d'un tel système de transmission, le signal doit néanmoins être régénéré, afin que la démodulation fondée uniquement sur la porteuse, côté réception, soit de nouveau possible.

32 Procédé de réduction de la porteuse dans le système 2TV

Si l'on utilise dans le système 2TV ce procédé pour le signal TV2 modulé par une sous-porteuse, l'amenuisement de l'enveloppe que cela permet d'atteindre se traduit par une réduction de la diaphotie. La *figure 5* montre le passage d'un signal TV modulé normalement à un signal à porteuse réduite, à puissance de modulation constante, ce phénomène étant représenté en fonction du temps.

La réduction de l'enveloppe somme A, pour une enveloppe de modulation B identique, est manifeste. Simultanément, on remarque le nouveau passage à zéro; celui-ci se produit lorsque le vecteur instantané de bande latérale et le vecteur de porteuse ont la même valeur. Dans le cas de la modulation d'amplitude normale, ce cas se manifeste à un taux de modulation de $m = 100\%$. Un dépassement de $m = 100\%$ ne signifie cependant pas que des distorsions de modulation apparaissent, car le taux de modulation ne définit que le rapport entre l'amplitude de bande latérale et l'amplitude de porteuse.

La *figure 5d* montre le cas extrême d'une enveloppe minimale; ce cas se produit lorsque la valeur maximale et la valeur minimale du signal de modulation (crête de synchronisation ou valeur du blanc) ont le même niveau dans le signal de sortie modulé. Ce point de fonctionnement permettrait de réaliser le gain d'intermodulation maximal. L'inconvénient, côté réception, résiderait dans le fait que la porteuse serait plus difficile à régénérer vu qu'en raison de la suppression plus importante de la porteuse, le circuit de régulation de phase utilisé pour la récupération de la porteuse délivrerait une erreur résiduelle plus grande. Par conséquent, on a choisi le point de fonctionnement représenté à la *figure 6*.

regelschaltung einen grösseren Restfehler liefern würde. Aus diesem Grunde wurde der Arbeitspunkt gemäss *Figur 6* gewählt.

Die Darstellung zeigt als Vergleich die Hüllkurve des normgerecht modulierten TV-Signals und jene des trägerreduzierten TV2-Signals im endgültig gewählten Arbeitspunkt und im gleichen Massstab. Der relative Pegelunterschied beider Signale beim jeweils betrachteten identischen Helligkeitswert entspricht nun exakt dem erzielten IM-Gewinn, also dem Gewinn des Übersprechabstandes, gemäss den Darstellungen in den Abschnitten 24 und 25. Im ungünstigsten Fall, das heisst bei Schwarzwert, beträgt die Verbesserung, gemäss *Figur 6*:

Verbesserung Intermodulationsabstand (schwarz)

$$20 \cdot \log \frac{73\%}{41,5\%} = 7,3 \text{ dB.}$$

Zusätzlich kann nun eine Verbesserung des Rauschabstands erreicht werden, denn die maximale Amplitude (Synchronpegel) verringert sich, wie aus *Figur 6* ebenfalls hervorgeht, mit dem trägerreduzierten Signal um: Reduktion Synchronpegel

$$20 \cdot \log \frac{100\%}{58,5\%} = 4,66 \text{ dB.}$$

Da im gesamten 4 TV2-Signal der TV2-Bildträger stark dominiert (*Fig. 1*), bestimmt dieser weitgehend die maximale Aussteuerung des Richtfunkmodulators (Hub): Durchgeführte Messungen bestätigten eine Reduktion des Summenlastpegels (Effektivwert) mit dem trägerre-

A titre de comparaison, on voit, à la même échelle, l'enveloppe du signal TV modulée selon les normes et celle du signal TV2 à porteuse réduite avec le point de fonctionnement définitivement choisi. La différence de niveau relative des deux signaux pour la valeur de luminosité identique considérée correspond exactement au gain d'intermodulation réalisé, c'est-à-dire au gain du rapport de diaphotie, comme cela est exposé dans les paragraphes 24 et 25. Dans le cas le plus défavorable, c'est-à-dire pour le noir, l'amélioration est, selon la *figure 6*:

Amélioration du rapport d'intermodulation (noir)

$$20 \cdot \log \frac{73\%}{41,5\%} = 7,3 \text{ dB.}$$

Il est en outre possible d'améliorer le rapport signal/bruit car, comme cela ressort de la *figure 6*, l'amplitude maximale (niveau de synchronisation) diminue avec le signal à portée réduite dans la proportion suivante: Réduction du niveau de synchronisation

$$20 \cdot \log \frac{100\%}{58,5\%} = 4,66 \text{ dB.}$$

Vu que la porteuse image TV2 domine fortement dans l'ensemble du signal 2TV (*fig. 1*), cette porteuse détermine dans une large mesure la modulation maximale du modulateur de l'équipement à faisceau hertzien (excursion): les mesures réalisées confirment une réduction de la somme des niveaux (valeur effective) de 7 dB au maximum avec le signal TV2 à porteuse réduite, suivant le contenu d'image utilisé. Une augmentation du «nouveau» signal TV2 de 4 dB accroît pour cette raison la somme des niveaux de 4 dB également de même que le rapport signal/bruit dans la voie TV2 dans la même proportion. En raison de la relation linéaire, l'intermodulation s'accroît également de 4 dB, de sorte que le rapport d'intermodulation (diaphotie), ne se modifie pas.

Le procédé de réduction de la porteuse permet ainsi, malgré la somme des niveaux réduite, une amélioration du rapport de diaphotie et du rapport signal/bruit dans le canal TV2.

33 Considérations fondamentales touchant la réalisation

Pour réaliser en pratique la réduction de la porteuse, on peut appliquer en principe la méthode dans laquelle la porteuse non modulée est additionnée au signal TV modulé en opposition de phase. Si le signal était préparé dans un modulateur, on disposerait des deux signaux dans cet équipement. Dans le cas du système 2TV, on ne peut recourir qu'au signal TV modulé selon les normes, de sorte que le problème consiste à extraire la composante de porteuse non modulée du signal TV modulé précité.

Ce conditionnement de porteuse se fait dans un circuit PLL (boucle à asservissement de phase); on ne peut naturellement utiliser ici le principe du filtre, vu que la porteuse présente déjà des lignes latérales à un écart de 25 Hz (fréquence la plus basse dans le signal vidéo due au changement d'image). La porteuse conditionnée doit donc être entièrement libre de lignes latérales, car

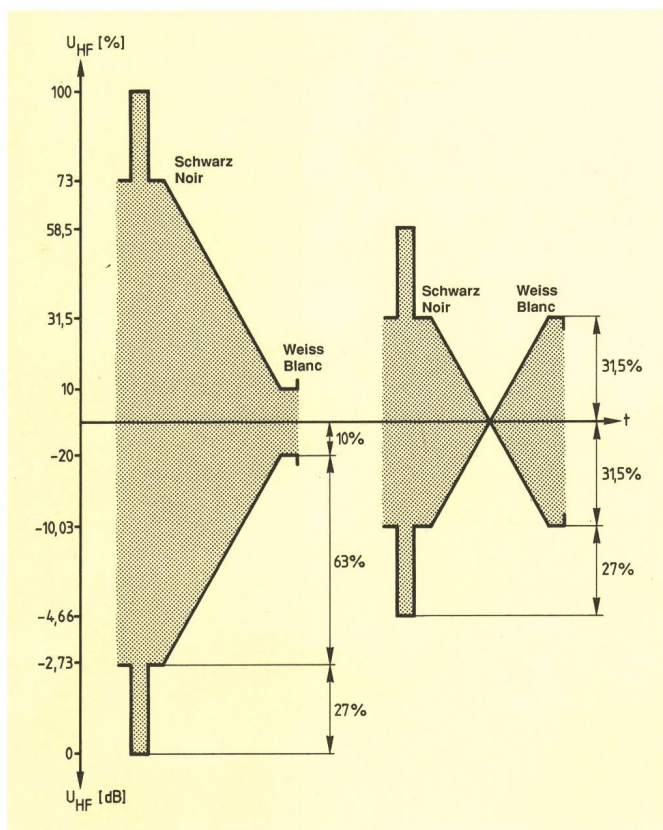


Fig. 6
Hüllkurven-Darstellung des normgerecht modulierten TV-Signals (links) und des trägerreduzierten TV-Signals im endgültigen Arbeitspunkt (rechts) – Repräsentation de l'enveloppe du signal TV modulée selon la norme (à gauche) et du signal TV à porteuse réduite au point de fonctionnement définitif (à droite)

duzierten TV2-Signal bis zu 7 dB, je nach verwendetem Bildinhalt. Eine Erhöhung des «neuen» TV2-Signals um 4 dB vergrößert aus diesem Grunde den Summenlastpegel ebenfalls um 4 dB und erhöht das Signal/Rausch-Verhältnis im TV2-Pfad um denselben Betrag. Die Intermodulation steigt, wegen des linearen Zusammenhanges, ebenfalls um 4 dB, so dass sich der Intermodulationsabstand (Übersprechen) nicht verändert.

Das Trägerreduktionsverfahren ermöglicht somit, trotz des reduzierten Summenlastpegels, eine Verbesserung des Übersprechabstands und des Rauschabstands im TV2-Kanal.

33 Grundsätzliche Gedanken zur Realisierung

Zur praktischen Verwirklichung der Trägerreduktion bietet sich grundsätzlich die Methode an, dass der unmodulierte Träger gegenphasig zum bereits modulierten TV-Signal addiert wird. Würde das Signal in einem Modulator aufbereitet, so wären beide Signale im Gerät verfügbar. Im Falle des 2TV-Systems kann aber lediglich auf das normgerecht modulierte TV-Signal zurückgegriffen werden, so dass nun die Aufgabe besteht, aus diesem den unmodulierten Trägeranteil zu gewinnen.

Diese Trägeraufbereitung geschieht in einer PLL-Schaltung (Phasenregelkreis); ein Filterprinzip ist hier natürlich nicht anwendbar, da der Träger bereits im Abstand von 25 Hz (tiefste im Videosignal durch den Bildwechsel vorkommende Frequenz) Seitenlinien aufweist. Der aufbereitete Träger muss denn auch völlig frei von Seitenlinien sein; diese würden nach der Signalkombination, das Seitenbandspektrum verzerren.

Ein Regelsystem hält die Phasenlage und Amplitude des aufbereiteten Trägers konstant und addiert ihn anschließend zum Gesamtsignal, unter Berücksichtigung des Vorzeichens: Bei Phasenopposition erfolgt eine Trägerreduktion (Sendeseite, im Multiplexer), und bei Phasengleichheit ergibt sich die auf der Empfangsseite (im Demultiplexer) notwendige Regeneration.

331 Problematik der Intercarrier-Tonübertragung

Das im Fernsehempfänger angewendete Intercarrier-Tonübertragungsverfahren benützt, zur Bildung der Tonträger-Zwischenfrequenz von 5,5 MHz, den Bildträger als Lokaloszillator. Dabei wird der in der Zwischenfrequenzstufe anliegende FM-Tonträger von 33,4 MHz mit dem amplitudenbegrenzten Bildträger von 38,9 MHz gemischt. Durch dieses Verfahren kann die Ungenauigkeit und der Störhub des TV-Tuneroszillators keine Störungen im Tonkanal erzeugen, da Bild- und Tonträger in der ZF-Lage mit dem identischen Störhub behaftet sind und dieser bei der Differenzbildung entfällt.

Eine unerwünschte Phasenmodulation des Bildträgers führt nun beim Intercarrierprinzip zu bildabhängigen Tonstörungen, da bei der Bildung der 5,5-MHz-Differenzfrequenz der Phasenstörhub des Bildträgers von Tonträger übernommen wird. Eine solche Tonstörung kann nun beispielsweise durch einen schlecht abgeglichenen Bildmodulator (Balance) oder durch einen Verstärker, der eine aussteuerungsabhängige Phasendrehung des TV-Signals (AM/PM-Umwandlung) erzeugt, verursacht werden.

celles-ci produiraient des distorsions du spectre de bande latérale après la combinaison des signaux.

Un système de régulation maintient constante la position en phase et l'amplitude de la porteuse conditionnée et ajoute finalement cette porteuse au signal total, compte tenu du signe préliminaire: en opposition de phase, on observe une réduction de la porteuse (dans le multiplexeur, côté émission) et dans le cas d'égalité de phase, on obtient la régénération nécessaire côté réception (dans le démultiplexeur).

331 Problématique de la transmission du son dans le système «Intercarrier»

Dans le procédé de transmission du son «Intercarrier», utilisé dans les téléviseurs, la fréquence intermédiaire de la porteuse son de 5,5 MHz est formée à partir de la porteuse image jouant le rôle de fréquence d'oscillateur local. Pour ce faire, la porteuse son FI de 33,4 MHz de l'étage FI est mélangée avec la porteuse image à amplitude limitée de 38,9 MHz. Grâce à ce procédé, l'imprécision et l'excursion perturbatrice de l'oscillateur du tuner TV ne peut exercer de perturbations dans le canal son, étant donné que la porteuse image et son ont la même excursion perturbatrice dans la position FI et que celle-ci est donc éliminée par soustraction.

Une modulation de phase indésirable de la porteuse image conduit cependant dans le système «Intercarrier» à des perturbations sonores dépendantes de l'image, étant donné que la porteuse son reprend l'excursion perturbatrice de phase de la porteuse image lors de la génération par soustraction de la fréquence de 5,5 MHz. Une telle perturbation du son peut par exemple être due à un modulateur image mal réglé (balance) ou à un amplificateur produisant une rotation de phase du signal TV en fonction de la modulation (conversion AM/PM).

Le système de réduction de la porteuse peut également produire des perturbations du son dans le système «Intercarrier», car on s'aperçoit aisément qu'une erreur de phase lors du conditionnement de la porteuse produit une modulation de phase indésirable de la porteuse image.

Si la position de phase de la porteuse ajoutée ne se situe pas avec précision à 180 degrés ou à 0 degré par rapport à la phase de la porteuse du signal modulé, comme cela est représenté à la *figure 7*, on voit apparaître dans le diagramme vectoriel une composante de quadrature; elle a pour effet que le vecteur somme ne se déplace pas exclusivement sur l'axe vertical, ce qui équivaut à une modulation de phase dépendante de la modulation. Un phénomène analogue se produit dans le cas de la gigue de phase.

Lors du développement du système de réduction de la porteuse, la plus grande difficulté résida dans la mise au point de circuits présentant une stabilité de phase suffisante.

332 Interfaces

A l'entrée du multiplexeur ou à la sortie du démultiplexeur, le signal TV2 est dans la position FI normalisée (38.9/33.4 MHz) et il est transposé à la fréquence de

Das Trägerreduktionssystem kann nun ebenfalls Inter-carrier-Tonstörungen erzeugen, denn es ist leicht einzusehen, dass ein Phasenfehler bei der Trägeraufbereitung eine unerwünschte Phasenmodulation des Bildträgers verursacht:

Ist die Phasenlage des zugesetzten Trägers nicht exakt 180° bzw. 0° zur Trägerphase des modulierten Signals, wie dies in *Figur 7* dargestellt ist, dann entsteht im Vektordiagramm eine Quadraturkomponente; diese bewirkt, dass sich der Summenvektor nicht ausschliesslich auf der Vertikalachse bewegt, was einer aussteuerungsabhängigen Phasenmodulation gleichkommt. Ein analoger Vorgang entsteht bei Phasenjitter.

Die grösste Schwierigkeit bei der Schaltungsentwicklung des Trägerreduktionssystems bestand denn auch in der Erzielung der benötigten Phasenstabilität.

332 Schnittstellen

Das TV2-Signal liegt am Multiplexereingang bzw. am Demultiplexerausgang in der normierten ZF-Lage (38,9/33,4 MHz) an und wird, zur Aufbereitung des MX-Signals, auf die Frequenz von 6,9/12,4 MHz umgesetzt. In beiden Frequenzebenen wäre grundsätzlich das Trägerreduktionssystem realisierbar. Die nachfolgenden Gründe gaben schliesslich den Ausschlag für die Norm-ZF-Lage:

- Pegelverhältnisse identisch (sende- und empfangsseitig) und zur Signalverarbeitung gut geeignet
- minimale Eingriffe in den bestehenden Geräten
- Norm-ZF-Schnittstelle (z. B. Messgeräte)

333 Symmetrie der Schaltung

Die sendeseitige Trägerreduktionsschaltung und die empfängerseitige Trägerregenerationsschaltung haben vom Prinzip her die gleiche Aufgabe. Es drängte sich deshalb bei der Entwicklung auf, die Schaltung so zu entwerfen, dass diese, ausgehend vom gleichen Schaltbild bzw. der gleichen Leiterplatte, als sende- oder empfangsseitige Einheit fabriziert werden kann, und zwar lediglich durch Ändern möglichst weniger Komponentenwerte.

334 Automatische Signalerkennung und Umschaltung

Soll das bestehende 2TV-Übertragungsnetz mit dem Trägerreduktionssystem nachgerüstet werden, so muss die Umstellung eines betroffenen Kanals in jedem 2TV-Verteilpunkt zum gleichen Zeitpunkt erfolgen; andernfalls wäre jeder nicht umgestellte Demultiplexer mit dem «neuen» TV2-Signal nicht kompatibel.

Dieser Forderung kann aus praktischen Gründen nur mit einer automatischen Umschaltvorrichtung auf der Empfangsseite nachgekommen werden; die Trägerregenerationseinheit entscheidet dabei anhand des anliegenden Eingangssignals, ob die Signalregeneration eingeschaltet oder überbrückt werden soll. Als Kriterium dient das Verhältnis zwischen Synchron- und Schwarzpegel (vergleiche *Fig. 6*).

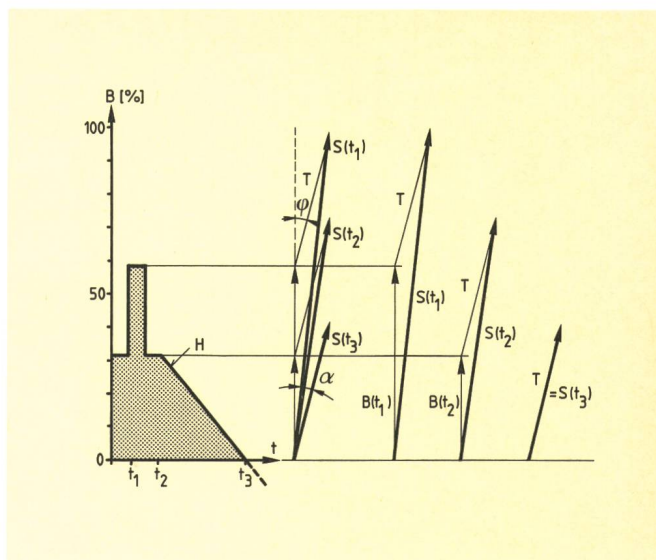


Fig. 7
Entstehung der bildmodulationsabhängigen Phasenmodulation – Création de la modulation de phase dépendant de la modulation d'image

- H Hüllkurve des trägerreduzierten Signals – Enveloppe du signal à porteuse réduite
T Träger, zugesetzt – Porteuse additionnelle
 φ Phasenfehler des zugesetzten Trägers – Erreur de phase de la porteuse additionnelle
B Bildvektor, Momentanwert – Vecteur image, valeur instantanée
S Summenvektor – Vecteur somme
 α Phasenfehler, bildmodulationsabhängig – Erreur de phase, dépendant de la modulation d'image

6,9/12,4 MHz pour la préparation du signal multiplex. A ces deux niveaux de fréquence, il serait en principe possible de réaliser le système à porteuse réduite. Pour les raisons suivantes, on se décida finalement à adopter la position FI normalisée:

- Rapports de niveaux identiques (côté émission et côté réception) et convenant bien à la préparation du signal
- Interventions minimales dans les équipements existants
- Interfaces FI normalisées (par ex. pour les instruments de mesure).

333 Symétrie du circuit

En ce qui concerne le principe, le circuit de réduction de la porteuse côté émission joue le même rôle que le circuit de régénération de porteuse côté réception. C'est pourquoi, lors du développement, on s'efforça de mettre au point un montage permettant de fabriquer l'unité d'émission ou de réception à partir du même schéma ou du même circuit imprimé, en modifiant aussi peu que possible la valeur des composants.

334 Reconnaissance automatique du signal et commutation

Si le réseau de transmission 2TV existant doit être équipé après coup du système de réduction de la porteuse, il est nécessaire que la transformation d'un canal considéré soit faite au même moment dans chaque point de distribution 2TV; dans le cas contraire, chaque

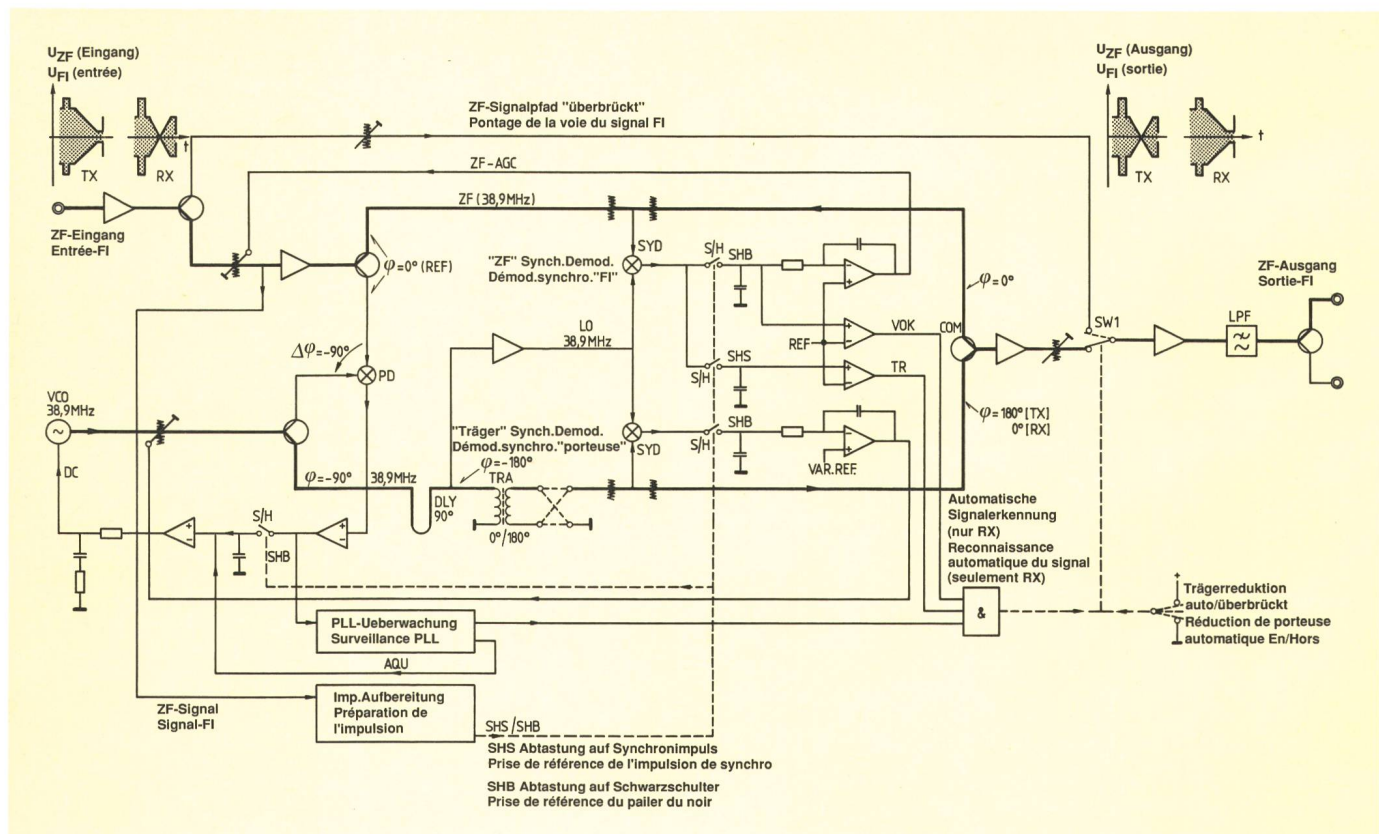


Fig. 8
 Blockschaltbild: Trägerreduktion bzw. Regeneration – Schéma-bloc: réduction ou régénération de la porteuse

34 Praktische Realisierung

Die Funktionsweise der sendeseitigen Trägerreduktion und der empfangsseitigen Trägerregeneration ist identisch; Unterschiede zwischen beiden Ausführungen betreffen die Phasenlage des regenerierten Trägers (180° oder 0°, durch Transformator-Polarität), den Pegelplan (Verstärkung sendeseitig +4 dB, empfangsseitig -4 dB), die Dimensionierung des PLL-Regelkreises sowie die automatische Umschaltung der Betriebsart.

Die entwickelte Schaltung des Trägerreduktionssystems soll nun anhand des Blockschaltbildes in *Figur 8* erläutert werden.

Das eingangsseitige ZF-Signal gelangt über Verstärker, PIN-Diodenabschwächer und Leistungsteiler zur ZF-Pegelregelung und gleichzeitig zur 38,9-MHz-Trägeraufbereitung.

Diese Schaltung, bestehend aus einem 38,9-MHz-Phasenregelkreis, bildet das «Herz» der ganzen Einheit und hat die Aufgabe, aus einem Teil des eingangsseitigen ZF-Signals die reine Bildträgerfrequenz in der Originalphasenlage zu gewinnen. Zu diesem Zwecke wird in einem linearen Phasendetektor PD (Multiplizierer) das modulierte ZF-Signal mit dem vom spannungsgesteuerten Oszillator VCO erzeugten 38,9-MHz-Träger verglichen; dabei wird das ZF-Signal absichtlich weder amplitudenbegrenzt noch gefiltert, da beide Operationen immer mit thermisch- oder alterungsbedingten Phasenverschiebungen verbunden sind.

Sind beide anliegenden Signale zueinander in Phase, so entsteht als PD-Ausgangssignal eine Spannung, die von der Phasendifferenz wie auch von der momentanen Am-

démultiplexeur non modifié serait incompatible avec le «nouveau» signal TV.

Pour des raisons pratiques, cette exigence ne peut être satisfaite qu'avec un dispositif de commutation automatique du côté réception; l'unité de régénération de porteuse décide à cet égard en fonction du signal d'entrée appliqué si la régénération du signal doit être enclenchée ou pontée. Le critère est le rapport entre le niveau synchrone et le niveau du noir (cf. fig. 6).

34 Réalisation pratique

Le fonctionnement de la réduction de la porteuse, côté émission, et de la régénération de porteuse, côté réception, est identique; des différences entre les deux exécutions concernent la position en phase de la porteuse régénérée (180° ou 0°, suivant la polarité du transformateur), le plan de niveau (amplification côté émission +4 dB, côté réception -4dB), le dimensionnement du circuit de réglage PLL ainsi que la commutation automatique du mode d'exploitation.

Le circuit développé pour le système de réduction de la porteuse ressort du schéma bloc de la *figure 8*.

Le signal FI à l'entrée parvient à la régulation de niveau FI en même temps qu'au conditionnement de porteuse 38,9 MHz par le chemin suivant: amplificateur, atténuateur à diodes PIN et diviseur de puissance.

Ce circuit, qui consiste en un circuit à régulation de phase à 38,9 MHz, constitue le «cœur» de l'unité et son rôle est de récupérer la fréquence de la porteuse image pure, dans sa position en phase originale à partir d'une

plitude des ZF-Signals abhängig ist. Bei einer Phasendifferenz von $\Delta\varphi = 90^\circ$ wird das Ausgangssignal definitionsgemäss null, wobei nun ein Regelkreis (PLL) über den VCO diesen Arbeitspunkt konstant hält. Damit die Bildmodulation des ZF-Signals über den Regelkreis keine Phasenstörungen einbringen kann, wird das PD-Ausgangssignal vorgängig mit einer Sample/Hold-Schaltung S/H zum Zeitpunkt einer konstanten Bildmodulation (Schwarzschulter) abgetastet.

Der aufbereitete Träger durchläuft anschliessend die 90° -Verzögerungsleitung DLY und steht nun, verglichen mit dem ZF-Originalsignal, am Transformator TRA in Phasenopposition (Trägerreduktion) oder in Originalphasenlage (Trägerregeneration) zur Verfügung. Der Träger dient zusätzlich als Lokoszillator LO der beiden Synchrondemodulatoren SYD innerhalb der Amplitudenregelsysteme.

Vor der Zusammenschaltung des ZF- und des Trägersignals im Koppler COM werden beide Signalanteile mit Hilfe einer präzisen Regelschaltung in ihrem Pegel stabilisiert. Zu diesem Zwecke dienen zwei Synchrondemodulatoren SYD mit nachfolgenden Sample/Hold-Schaltungen dazu, von beiden Signalen eine ihrem hochfrequenten Pegel proportionale Gleichspannung im Zeitpunkt der Schwarzschulter herzuleiten, um damit nach einem Sollwertvergleich je eine Regelspannung zu gewinnen. Zwei Regelkreise steuern nun PIN-Diodenabschwächer in beiden Signalpfaden nach, bis die Pegelsollwerte ihren vorgegebenen Istwerten entsprechen. Aus Gründen der Temperaturabhängigkeit sind beide Gleichrichterschaltungen identisch aufgebaut und werden im gleichen Arbeitspunkt betrieben; die Signalpfade zwischen Messschaltungen und Signalkombination (Ausgang) bestehen aus rein passiven Bauelementen.

Die nachfolgende Ausgangsstufe liefert über ein Tiefpassfilter LPF das Signal mit dem erforderlichen Pegel an zwei unabhängige Ausgänge ab. Die Ansteuerung dieser Stufe geschieht über den PIN-Diodenschalter SW1, der im Bedarfsfalle die gesamte Signalaufbereitung überbrückt; die Gesamtverstärkung beträgt in diesem Falle 1.

In der empfangsseitigen Trägerregenerationseinheit übernimmt eine Automatik die Ansteuerung dieses Schalters. Zu diesem Zweck wird im vorgehend beschriebenen Synchrondemodulator das eingangsseitige ZF-Signal nicht nur zum Zeitpunkt der Schwarzschulter, sondern auch während des Synchronimpulses abgetastet; aufgrund des Verhältnisses der beiden entstehenden Werte entscheidet eine Logikschaltung unter Berücksichtigung der PLL-Überwachung die zu wählende Betriebsart. Sendeseitig erfolgt die Einstellung der Betriebsart manuell.

Trotz der geringen Gesamtverstärkung sind im ZF-Signalpfad insgesamt vier Verstärkermodule eingesetzt, die zusammen mit Dämpfungsgliedern und Leistungsteilern für die benötigte Entkopplung zwischen den einzelnen Funktionseinheiten besorgt sind. Wegen der geforderten hohen Phasenstabilität ist eine extreme Rückwirkungsfreiheit notwendig, so dass beispielsweise Anpassungsänderungen im Stellbereich des AGC-PIN-Diodenabschwächers keine störende Phasenverschiebung

komponente du signal FI à l'entrée. A cet effet, on compare dans un détecteur de phase linéaire PD (multiplicateur) le signal FI modulé à la porteuse 38,9 MHz produite par l'oscillateur commandé par tension VCO; dans ce processus, le signal FI n'est intentionnellement ni limité en amplitude, ni filtré, étant donné que ces deux opérations conduisent toujours à des déphasages de phases pour des raisons thermiques ou de vieillissement.

Si les deux signaux appliqués sont en phase l'un par rapport à l'autre, on obtient à la sortie un signal PD, c'est-à-dire une tension dont la valeur dépend de la différence de phase et de l'amplitude momentanée du signal FI. Pour un déphasage $\Delta\varphi = 90^\circ$, le signal de sortie est par définition égal à zéro, une boucle à asservissement de phase (PLL) maintenant ce point de fonctionnement constant à travers le VCO. Afin que la modulation image du signal FI n'introduise pas de perturbations de phase à travers le circuit de régulation, on se réfère d'abord par un prélèvement de valeur au signal de sortie PD au moyen d'un circuit «Sample/Hold» (S/H) au moment où la modulation image est constante (palier du noir).

La porteuse conditionnée traverse ensuite la ligne de temporisation à 90° DLY et se trouve alors en opposition de phase (réduction de la porteuse) ou, au niveau du transformateur TRA, en position de phase originale (régénération de porteuse) par rapport au signal FI original. La porteuse sert en outre d'oscillateur local LO pour les deux démodulateurs synchrones SYD à l'intérieur des systèmes de régulation d'amplitude.

Avant d'assembler le signal FI et le signal de porteuse dans le coupleur COM, on stabilise le niveau des deux composantes par un montage de régulation précis. A cet effet, on se sert de deux démodulateurs synchrones SYD suivis de circuits «Sample/Hold» pour dériver des deux signaux une tension continue proportionnelle à leur niveau haute fréquence au moment du prélèvement de la référence «palier du noir», ce qui permet d'obtenir deux tensions de régulation par comparaison avec les valeurs de consigne. Deux circuits de régulation commandent l'atténuateur à diodes PIN dans les deux voies des signaux, jusqu'à ce que les valeurs réelles prescrites des niveaux correspondent aux valeurs de consigne. Le montage des deux redresseurs est identique, vu que ceux-ci sont sensibles à la température et qu'ils sont exploités au même point de fonctionnement; les voies qu'empruntent les signaux entre les circuits de mesure et la combinaison des signaux (sortie) comprennent donc uniquement des composants passifs.

L'étage de sortie situé en aval fournit le signal au niveau voulu à travers le filtre passe-bas LPS à deux sorties indépendantes. La modulation de cet étage se fait à travers le commutateur à diodes PIN SW1, qui porte au besoin tout le dispositif de conditionnement du signal; en pareil cas, l'amplification totale est égale à 1.

L'unité de régénération de porteuse, côté réception, assure la commande de ce commutateur à travers un dispositif automatique. A cet effet, le démodulateur synchrone décrit prélève non seulement le signal FI d'entrée à la référence «palier du noir», mais aussi pendant l'impulsion de synchronisation; selon la relation entre les deux valeurs prélevées, un circuit logique décide du

(<0,05°) zwischen ZF-Pfad und Trägereaufbereitung verursachen können.

4 Erreichte Resultate, Ausblick

Mit dem Trägerreduktionsverfahren durchgeführte Messungen auf den Richtfunkstrecken St. Anton—TZV (Technisches Zentrum V) sowie TZV—Albis—TZV (via Chasseral) bestätigten die theoretischen und im Labor ermittelten Zusammenhänge und Resultate: Im TV2-Pfad verbessert sich der Übersprechabstand um 8 dB und der Videorauschabstand um 4 dB, ohne dass eine wahrnehmbare Beeinflussung des TV1-Signals eintritt. Die Werte sind zudem, innerhalb des praktisch möglichen Bereiches, unabhängig vom Zustand des Richtfunkkanals. Die restlichen Übertragungsparameter im TV2-Bildkanal verändern sich durch den Einsatz des Trägerreduktionssystem in kaum messbarer Weise.

Die Verschlechterung des bewerteten Ton/Geräuschabstandes beträgt bei Intercarrier-Demodulation höchstens 1 dB, gemessen auf einem Niveau von 50 dB und mit dem PTT-Testbild als Modulationssignal.

Die Betriebseinführung des Trägerreduktionssystem im PTT-GAZ-Netz ist von Mitte 1987 an bei allen 2TV-Strecken geplant.

Bibliographie

- [1] *Ficheter M., Furrer J., Nold B. und Noesen P.* Realisierung einer ökonomischen Richtfunkverbindung als Zubringer für Fernseh- und Hörfunkprogramme. Techn. Mitt. PTT, Bern 60 (1982) 3, S. 143.
- [2] *Furrer J.* Übersprechen im 2TV-Übertragungssystem. Ursache und Verbesserungsmöglichkeit. Bern, Generaldirektion PTT, Abt. Forschung und Entwicklung, PTT-Bericht VD13.1038 U.
- [3] *Küpfmüller.* Die Systemtheorie der elektrischen Nachrichtenübertragung. Stuttgart, 1974.

mode d'exploitation à choisir en tenant compte de la surveillance PLL. Côté émission, le réglage du mode d'exploitation se fait manuellement.

Malgré l'amplification globale faible, les 4 modules d'amplification insérés dans la voie du signal FI, associés aux éléments d'atténuation et aux diviseurs de puissance, assurent le découplage nécessaire entre les diverses unités fonctionnelles. En raison de la stabilité en phase élevée exigée, l'absence absolue d'un effet de contre-réaction est nécessaire, de sorte que des modifications de réglage dans la plage de régulation de l'atténuateur à diodes PIN AGC ne produisent, par exemple, pas de déphasage gênant (« 0,05° ») entre la voie FI et le conditionnement de la porteuse.

4 Résultats obtenus, perspectives

Les mesures réalisées selon le procédé de réduction de la porteuse sur les sections hertziennes St-Anton – centre technique des PTT V (TZV) et TZV – Albis – TZV (via Chasseral) ont permis de confirmer les relations théoriques et les résultats obtenus en laboratoire: le rapport de diaphotie dans la voie TV2 s'est amélioré de 8 dB et le rapport signal vidéo/bruit de 4 dB, sans qu'il en soit résulté une influence perceptible sur le signal TV1. En outre, à l'intérieur de la plage pratiquement utilisable, les valeurs sont indépendantes de l'état du canal hertzien. Du point de vue des mesures, les autres paramètres de transmission dans le canal vidéo TV2 ne sont modifiés qu'imperceptiblement par l'emploi du système de réduction de la porteuse.

Dans le cas de la démodulation «Intercarrier», la détérioration du rapport signal sonore/bruit pondéré n'est que de 1 dB au plus, mesuré à un niveau de 50 dB avec le signal de modulation de la mire PTT.

Il est prévu d'introduire le système de réduction de la porteuse dans le réseau LAC des PTT sur tous les tronçons 2TV à partir du milieu de 1987.