

Grundforderungen an einen guten FM-ULW-Rundfunkempfänger = Qualités essentielles exigées d'un bon récepteur pour la radiodiffusion à modulation de fréquence

Autor(en): **Wey, E.**

Objektyp: **Article**

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**

Band (Jahr): **38 (1960)**

Heft 8

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-874619>

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.

TECHNISCHE MITTEILUNGEN
BULLETIN TECHNIQUE

PTT

BOLLETTINO TECNICO

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

E. WEY, Bern

Grundforderungen an einen guten FM-UKW-Rundfunkempfänger Qualités essentielles exigées d'un bon récepteur pour la radio- diffusion à modulation de fréquence

621.396.62.029.62

Zusammenfassung. Die Anwendung der FM-UKW-Technik gestattet in vielen Fällen eine Verbesserung des Radioempfanges. Ein wesentlicher Unterschied gegenüber dem bisherigen AM-Rundspruch liegt in der geringeren Störemfindlichkeit. Dieser Vorteil kann aber erst dann voll ausgenützt werden, wenn die Empfänger entsprechend gebaut sind. Die wichtigsten Anforderungen, die diesbezüglich gestellt werden müssen, sind in der nachfolgenden Arbeit zusammengestellt.

1. Einführung

Heute steht dem schweizerischen Radiohörer ein gut ausgebautes FM-UKW-Sendernetz zur Verfügung. Die Vorteile des neuen Systems gegenüber dem älteren AM-Rundspruch sind einem weiten Hörerkreise aus eigener Erfahrung bekannt. Geschätzt wird die getreue und störfreie Wiedergabe von Musik und Sprache.

Daneben aber hört man auch vereinzelte Stimmen, die einer leichten Enttäuschung Ausdruck geben. Obwohl ein neuer Empfänger angeschafft wurde, klagen die einen über lästige Zündstörungen, andere über verzerrte Wiedergabe und dritte darüber, dass ein neu erstellter Ortssender ausgerechnet ihr meistgeschätztes Auslandsendersignal verdecke. Grundsätzlich kann die Ursache dieser Übel auf der Sender- oder Empfängerseite liegen. Oft sind auch ungünstige Ausbreitungsverhältnisse auf dem Übertragungsweg schuld. Durch eine geschickte Planung des Sendernetzes lassen sich zwar die Orte mit ungünstigem Empfang auf ein Minimum beschränken, vollständig beseitigen kann man sie indessen nicht, besonders nicht in unserm ungleichmässigen Gelände. Vor allem

Résumé. Il existe de nombreux cas où la modulation de fréquence en ondes métriques permet d'améliorer la réception des programmes de radiodiffusion. L'un des avantages essentiels de ce procédé est d'être, par son principe même, moins sensible aux parasites que la radiodiffusion ordinaire à modulation d'amplitude. Cependant, on ne tire tout le parti possible de cet avantage qu'avec des récepteurs construits de manière appropriée. L'article énumère et décrit les principales exigences auxquelles ceux-ci doivent répondre.

1. Introduction

Aujourd'hui le public suisse dispose d'un réseau d'émetteurs de radiodiffusion à modulation de fréquence largement développé. De nombreux auditeurs connaissent par expérience les avantages de ce nouveau système par rapport à l'ancienne modulation d'amplitude utilisée en ondes longues et moyennes. Ils apprécient, en général, sa reproduction fidèle et sans parasite de la musique et de la parole. Tous les acquéreurs de récepteurs FM ne sont cependant pas enthousiastes: certains d'entre eux expriment même leur désappointement. Les uns se plaignent de parasites d'allumage, d'autres reçoivent un son déformé, d'autres encore constatent que l'émetteur local que l'on vient d'installer couvre la réception de leur émetteur étranger favori. En principe, ces défauts peuvent provenir aussi bien de l'émetteur que du récepteur. Les conditions de propagation peuvent également être fautives. Malgré les précautions prises pour établir le plan du réseau des émetteurs, il est impossible d'assurer une réception parfaite en tout point du territoire, spécialement dans notre pays montagneux. Il est en particulier difficile de combattre

sind es die durch Reflexion hervorgerufenen Mehrwegverzerrungen, die schwer zu bekämpfen sind.

Ein grosser Teil der unliebsamen Erscheinungen, besonders die auf Fremdstörer zurückzuführenden, könnten jedoch mit einem geeigneten Empfänger vermieden werden. Leider sind derartige FM-UKW-Empfänger bis heute kaum auf den Markt gebracht worden. Es scheint deshalb angebracht, einmal auf die wichtigsten Merkmale hinzuweisen, die ein Radioempfänger, den heutigen Umständen entsprechend, besitzen sollte.

2. Empfindlichkeit

Von einem guten FM-UKW-Empfänger erwarten viele Käufer eine möglichst grosse Empfindlichkeit, um auch die schwächsten Fernsignale empfangen zu können. Die Radioindustrie hat sich deshalb angestrengt, mit ihren Geräten nahe an die durch das Wärmerauschen bedingte theoretische Empfindlichkeitsgrenze heranzukommen. Die Verstärkung wurde dabei so weit erhöht, dass schon die Rauschspannung der Eingangsstufe genügt, um den Amplitudenbegrenzer voll auszusteuern. Den gleichen Weg haben auch die Fabrikanten von kommerziellen Empfängern eingeschlagen, mit dem Unterschied jedoch, dass sie sich den dazu nötigen Materialaufwand leisteten, während die Radiofabrikanten aus Verkaufsgründen Kompromiss-Lösungen suchten. Sie erzielen die Verstärkung mit Hilfe von hochohmigen Zwischenfrequenz - Filterkreisen und kleinsten Schwingkreis-Kapazitäten. Bei dieser Bauweise ist es nicht verwunderlich, wenn die meisten Geräte vorzeitig schlechter werden und ein Röhrenwechsel eine Nachstimmung und Neutralisierung erfordert. Ein derart seriöser Unterhalt kann in den seltensten Fällen durchgeführt werden, so dass praktisch nie wieder mit der ursprünglichen Empfindlichkeit gerechnet werden kann. Trotzdem bleibt der Hörer, wie die Erfahrung zeigt, normalerweise mit der Empfindlichkeit seines Gerätes zufrieden, und zwar deshalb, weil die Empfindlichkeitsgrenze als Folge des immer vorhandenen Störpegels schon von Anfang an nicht voll ausgenutzt werden konnte. Der Radiohörer will nicht nur die übermittelte Nachricht aufnehmen, wie dies bei kommerziellen Diensten der Fall ist, er wünscht sie vielmehr möglichst ungestört zu geniessen. Dazu ist ein bestimmter Niederfrequenz-Störabstand erforderlich. Grundsätzlich ist dieser sowohl von den Empfängereigenschaften als auch vom Störabstand des Empfangssignals abhängig. Der äussere Störpegel ist jedoch meist so viel grösser als das Empfängerrauschen, dass der Geräuschabstand fast nur vom Verhältnis HF-Nutzsignal zu HF-Störsignal bestimmt wird. Statistische Erhebungen zeigen – wie zu erwarten ist –, dass dieses Verhältnis von Empfangsort zu Empfangsort stark streut; zudem ändert es auch zeitlich.

Immerhin kann man für städtische und verkehrsnaheländliche Zonen als Richtwert angeben, dass die Feldstärke des Nutzsignals praktisch immer grösser

les distorsions provenant des trajets multiples parcourus par les ondes entre l'antenne d'émission et celle de réception.

Cependant, dans bien des cas, ces troubles, en particulier ceux dus à des sources perturbatrices étrangères, pourraient être évités en recourant à des récepteurs appropriés. Malheureusement, on ne trouve pratiquement pas sur le marché d'appareils construits convenablement à ce point de vue. C'est la raison pour laquelle il a semblé utile d'exposer une fois dans cette publication les principales caractéristiques qu'un récepteur de FM devrait actuellement posséder.

2. Sensibilité

Bien des acheteurs pensent qu'un bon récepteur FM doit être aussi sensible que possible afin de pouvoir capter des signaux très faibles. Soucieux de les satisfaire, l'industrie de la radio s'est efforcée de pousser la sensibilité des récepteurs jusqu'au voisinage de la limite théorique imposée par le bruit thermique. On est allé si loin dans ce sens que souvent le souffle de l'étage d'entrée suffit à saturer le limiteur d'amplitude. Alors que les fabricants de récepteurs professionnels atteignent ce résultat avec un matériel suffisant, les producteurs d'appareils destinés au grand public ont été amenés par la lutte des prix à rechercher des solutions de compromis. Pour obtenir une forte amplification des étages à fréquence intermédiaire, ils utilisent en particulier des circuits oscillants à haute impédance réalisés avec des capacités d'accord aussi réduites que possible. Que l'on ne s'étonne pas alors si la plupart des récepteurs perdent prématurément leurs qualités et doivent être réaccordés et neutralisés à chaque changement de tube. Il est rare qu'un service d'entretien aussi soigné soit assuré, et l'on ne peut pratiquement pas compter que la sensibilité d'origine d'un poste soit jamais atteinte. Cela n'empêche pas l'auditeur moyen d'être, en général, satisfait de la sensibilité de son appareil. On le comprend facilement: gêné par un bruit ambiant toujours présent, jamais cet auditeur n'a pu utiliser son récepteur au voisinage du maximum de sensibilité. Par contre, il n'estime pas suffisant de pouvoir capter des informations: il désire en jouir sans parasites et cela exige un rapport signal/bruit minimum défini à la sortie basse fréquence du récepteur. En principe, ce rapport dépend à la fois des caractéristiques du récepteur et du rapport signal/bruit HF à son entrée. Toutefois, le niveau des perturbations extérieures dépasse tellement le niveau du souffle du récepteur que le recul du bruit BF est pratiquement déterminé par le rapport du signal utile au premier. Ce rapport signal/bruit varie non seulement fortement d'un emplacement à l'autre mais encore en fonction du temps.

Toutefois, à titre de repère, on peut dire que dans les villes et le long des routes fréquentées, l'intensité du champ utile doit presque toujours dépasser $100 \mu\text{V/m}$ pour obtenir le rapport signal/bruit basse

als $100 \mu\text{V}/\text{m}$ sein muss, um den erforderlichen NF-Geräuschabstand zu erreichen. Oft genügt kaum eine Nutzfeldstärke von $1 \text{ mV}/\text{m}$. Kleinere Feldstärken als $10 \mu\text{V}/\text{m}$ ergeben selbst an abgelegenen Orten auf dem Lande meist unbrauchbare Empfangsverhältnisse. Entsprechend hat es keinen grossen Sinn, Empfänger zu bauen, die wesentlich kleinere Signale verarbeiten können, besonders nicht, wenn dazu Kompromissdimensionierungen nötig werden.

Bei Verwendung einer einfachen Aussenantenne ist ein FM-UKW-Rundfunkempfänger selbst in störarmen Gebieten genügend empfindlich, wenn der Amplitudenbegrenzer mit einer Antennenklemmenspannung von ca. $5 \mu\text{V}$ (über 50Ω) angesteuert wird (Fig. 1). Diese Empfindlichkeit gestattet zudem die Verwendung von Gehäuseantennen für jene Gebiete, in denen der Störpegel gross ist und darum nur relativ starke Signale mit Rundfunkqualität empfangbar sind.

3. Übertragungsqualität

Im voranstehenden Abschnitt wurde gezeigt, dass bei einem Radio die nutzbare Empfindlichkeitsgrenze von der erwarteten Empfangsqualität abhängt. Bei einem bestimmten Empfangssignal und bei gegebenem äusserem Störpegel hängt der letztere vor allem von der Linearität und dem inneren Störpegel des Empfängers ab. Linearität und grosser Fremdspannungsabstand werden mit Materialaufwand, also mit hohem Preis erkauft. Im Radiobau werden sie deshalb nicht höher getrieben als unbedingt nötig. Zum Festlegen diesbezüglicher Mindestforderungen hat man die subjektive Qualitätsbeurteilung vieler Radiohörer mit den messtechnisch gewonnenen Unterlagen verglichen. Als Richtwerte können daraus folgende Angaben dienen:

- Bei einer Antennenklemmenspannung von $10 \mu\text{V}$... 100 mV , auf den maximalen Hub von 75 kHz moduliert, soll der Klirrfaktor für jede Modulationsfrequenz zwischen 60 Hz und 10 kHz kleiner als 3% bleiben.
- Wenn das Empfangssignal mit 1000 Hz auf einen mittleren Hub von $22,5 \text{ kHz}$ ausmoduliert wird, dürfen der psophometrisch gemessene Geräuschabstand wie auch der Fremdspannungsabstand im ganzen Aussteuerungsbereich von $5 \mu\text{V}$... 100 mV nicht schlechter als 40 dB sein (Fig. 1 und 2).
- Der NF-Frequenzgang soll der international empfohlenen $50\text{-}\mu\text{s}$ -Nachbetonungscharakteristik folgen. Im besonderen ist darauf zu achten, dass bei Messungen am NF-Ausgang diese Charakteristik mit allfällig vorhandenen Hoch- und Tieftonreglern eingestellt wird (Fig. 3).

In den Stufen zwischen Antenneneingang und Demodulatorausgang sind diese Bedingungen nicht allzu schwer einzuhalten. Immerhin befindet sich heute eine grosse Zahl Radioempfänger im Handel, die bei starken Signalen (Antennenklemmenspannung grösser als einige mV) unzulässig verzerren.

fréquence requis; il arrive même parfois qu'un champ utile de $1 \text{ mV}/\text{m}$ soit juste suffisant. La réception des programmes de radiodiffusion est pratiquement inutilisable, même à la campagne aux endroits les plus tranquilles, lorsque le champ utile tombe en dessous de $10 \mu\text{V}/\text{m}$. (fig. 1).

Cela montre qu'il n'est guère logique de construire des postes capables de recevoir des signaux beaucoup plus faibles surtout si c'est au prix de compromis techniques nuisibles par ailleurs.

En conclusion, un récepteur équipé d'une antenne extérieure simple peut être considéré comme assez sensible même dans les régions très peu perturbées lorsque son limiteur d'amplitude sature avec une tension d'antenne de $5 \mu\text{V}$ (sur 50 ohms). Cette sensibilité est suffisante pour que l'on puisse se servir d'antennes incorporées dans les régions où les perturbations sont fortes car le niveau des signaux utiles exigés pour une réception de qualité acceptable doit également être élevé.

3. Qualität de transmission

Dans le chapitre qui précède, on a indiqué que la limite de la sensibilité utilisable d'un poste de radio dépend de la qualité exigée de la réception. Pour un signal à l'entrée du récepteur et un niveau perturbateur donnés, cette qualité dépend avant tout de la

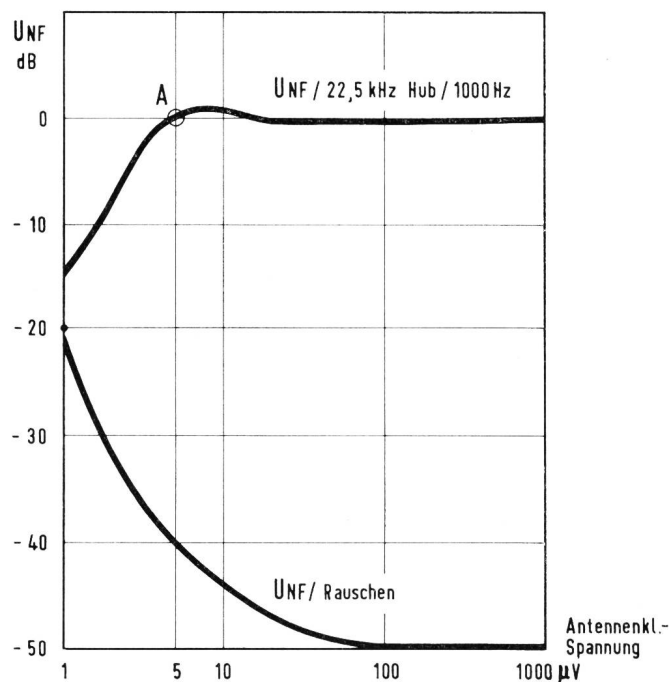


Fig. 1. Beispiel für die NF-Ausgangsspannung in Abhängigkeit der Antennenklemmenspannung (Die Angabe der Antennenklemmenspannung ist auf 50Ω bezogen. Der Punkt A bezeichnet den Kniepunkt des Begrenzers)

Exemple de la variation du niveau de sortie basse fréquence en fonction de la tension aux bornes d'antenne (Les tensions à l'entrée se réfèrent à une impédance de 50Ω et le point A désigne le seuil de saturation du limiteur)

Rauschen - bruit; Hub = excursion de fréquence
Antennenklemmenspannung - tension aux bornes d'antenne

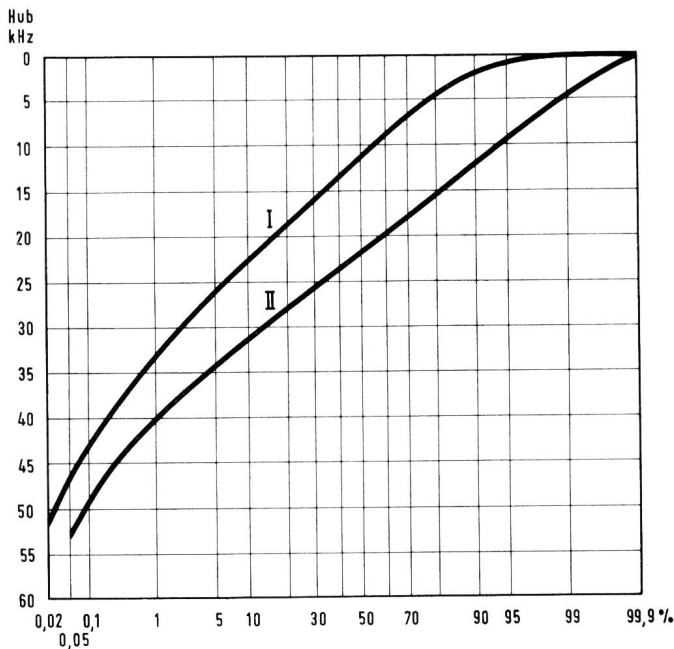


Fig. 2. Beispiel für die zeitliche Verteilung des Senderhubes. (Die Kurven geben an, in wieviel Prozenten der Sendezeit ein bestimmter Hub überschritten wird)
 Kurve I: für Sprache und Musik gemischt
 Kurve II: für Unterhaltungsmusik
 Exemple de répartition statistique de l'excursion de fréquence de l'émetteur au cours du temps (Les courbes montrent pendant quel pourcentage du temps une excursion de fréquence donnée est dépassée)
 Courbe I: paroles et musique mélangées
 Courbe II: musique récréative seule

Es tritt dann oft der Fall ein, dass Radiohörer irrtümlich den Eindruck erhalten, als wäre das Signal des Ortssenders verzerrt.

Etwas schwieriger zu erfüllen sind die geforderten Qualitätsbedingungen im NF-Teil, speziell bei Kleingeräten mit ihrer stark reduzierten Schallabstrahlfläche. Da sich eine wirklich gute akustische Wiedergabe nur mit einer geeignet dimensionierten Lautsprecher-Kombination erzielen lässt, sollte jeder Empfänger mit einem Anschluss für einen Aussen-Lautsprecher versehen sein, bei guten NF-Verstärkern am Ausgang der Leistungsstufe, bei den übrigen direkt am Demodulatorausgang.

Neben diesen Eigenschaften kann die Empfangsqualität noch davon abhängen, wie sich der Empfänger bei Anwesenheit von Fremdstörern, besonders von kurzzeitigen Störimpulsen, verhält. Dieser Punkt wird im Abschnitt 5 betrachtet.

4. Trennschärfe

Die Planung des FM-UKW-Sendernetzes beruht auf einem Kanalabstand von 300 kHz. Im Idealfall müsste also bei diesem Frequenzabstand ein Empfänger das kleinste empfangbare Fernsignal vom grösstmöglichen Ortssendersignal trennen können. Eine nach diesem Gesichtspunkte abgeleitete Nachbarkanalselektivität wäre indessen recht hoch und würde im praktischen Betrieb ebensowenig ausgenutzt wie die durch das Wärmerauschen bedingte Empfindlichkeitsgrenze.

linéarité et du niveau de bruit interne du récepteur. Or, une bonne linéarité et un faible bruit se paient, car ils impliquent des éléments de circuit plus nombreux. Dans la construction des récepteurs de radio-diffusion, on s'efforce de ne pas pousser ces qualités au delà du strict nécessaire. Des exigences minimums ont été formulées sur la base de comparaisons entre les jugements de qualité portés par un grand nombre de personnes et les résultats de mesures exécutées simultanément. Voici quelques repères à ce sujet :

- Pour toute tension d'antenne comprise entre $10 \mu\text{V}$ et 100 mV et avec une excursion de fréquence maximum de 75 kHz , le taux de distorsion ne doit pas dépasser 3% , à n'importe quelle fréquence de modulation entre 60 et $10\,000 \text{ Hz}$.
- Lorsque le signal reçu est modulé à 1000 Hz avec une excursion de fréquence moyenne de $22,5 \text{ kHz}$, le rapport signal/bruit mesuré avec un psophomètre ainsi que le rapport entre le niveau utile et celui des tensions étrangères ne doit pas être inférieur à 40 dB sur toute la plage des signaux d'entrée compris entre $5 \mu\text{V}$ et 100 mV (fig. 1 et 2).
- La courbe de réponse basse fréquence doit correspondre à une constante de temps du circuit de désaccentuation égale à $50 \mu\text{s}$, conformément aux recommandations internationales. Il faut, en particulier, veiller à ce que cette caractéristique soit correctement ajustée au moyen des dispositifs éventuels de réglage des aiguës et des basses, lorsque l'on procède à des mesures à la sortie BF. (fig. 3).

Il n'est pas très difficile de respecter ces conditions entre les bornes d'antenne et la sortie du discriminateur du poste. Cependant, de nombreux récepteurs actuellement sur le marché ont des distorsions exagérées dès que le signal d'entrée dépasse quelques millivolts. L'auditeur s'imagine alors que le signal de l'émetteur local n'est pas pur.

Les qualités requises de la partie basse fréquence des récepteurs sont plus difficiles à obtenir, surtout dans le cas de petits appareils à très faible surface

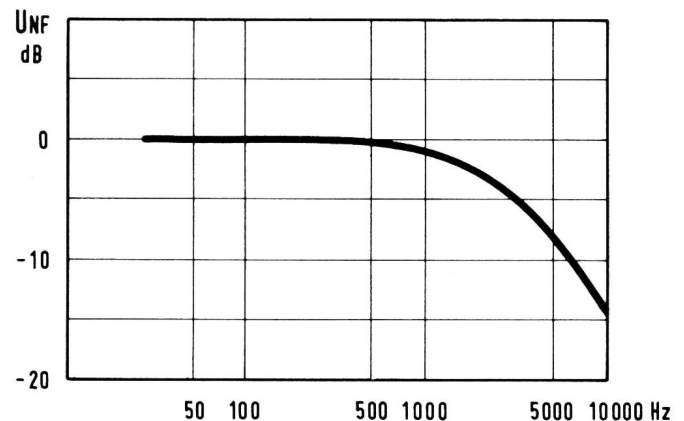


Fig. 3. Beispiel für den normalen NF-Frequenzgang (Er korrigiert die $50\text{-}\mu\text{s}$ -Preemphasis der Sender)
 Exemple de réponse basse fréquence normale (Cette réponse compense la préaccentuation de $50 \mu\text{s}$ à l'émission)

Eine vertretbare, weniger strenge Forderung erhält man unter der Voraussetzung, dass ein für Rundfunkqualität genügend störfreies Fernsignal von einem benachbarten starken Ortssendersignal trennbar sein soll. Diese Betrachtungsweise verlangt eine Nachbarkanalselektivität von ca. 40...60 dB. Die obere Grenze wäre wünschenswert und würde auch bei den stärksten vorkommenden Ortssignalen genügen. Der kleinere Wert von 40 dB stellt eine gute Kompromisslösung dar, die für die meisten Fälle ausreicht (Fig. 4).

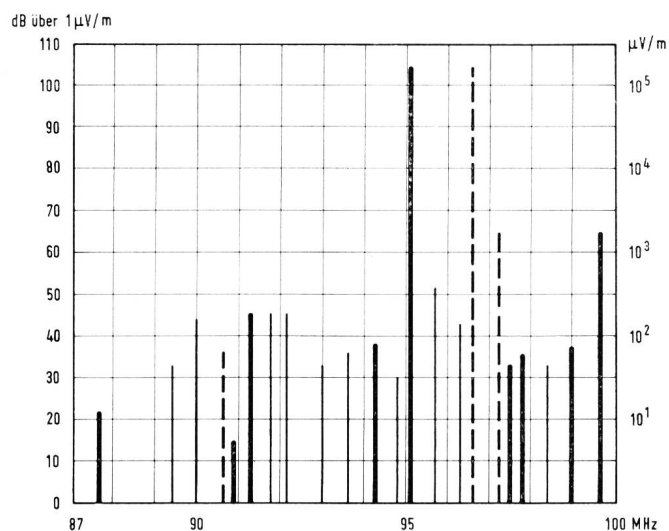


Fig. 4. Beispiel eines Feldstärke-Spektrums im FM-UKW-Rundfunk-Bereich für einen bestimmten Empfangsort in Bern
Exemple de l'occupation du spectre et de l'intensité du champ des émetteurs de radiodiffusion FM reçus en un point déterminé de la ville de Berne

- Landessender im Betrieb – Emetteurs nationaux en service
- geplante Sender – Emetteurs projetés
- Ausländische Sender im Betrieb – Emetteurs étrangers en service

Da den Diskussionen über Selektivitätsbedingungen meistens die statisch ermittelten Werte zu Grunde gelegt werden, ist es wichtig, darauf hinzuweisen, dass sich die oben verlangten Forderungen auf die Störselektion beziehen. Um mit der Wirklichkeit vergleichbare Werte zu erhalten, verwendet man für die Messung vorteilhaft zwei Meßsender, die beide mit 1000 Hz auf 22,5 kHz Hub moduliert sind. Der eine wird auf die Kanalmitte eingestellt, der andere 300 kHz daneben. Der 40...60 dB stärkere Störseher darf dabei den psophometrisch gemessenen NF-Geräuschabstand des Nutzsymbols nicht auf weniger als 40 dB verschlechtern.

Der Zusammenhang zwischen dieser Störselektivitätskurve und der statischen ist in Figur 5 an einem Beispiel dargestellt. Man sieht, dass die statische Nachbarkanalselektivität in diesem Fall etwa 20 dB grösser sein muss.

Die gleiche Betrachtungsweise, wie sie hier zur Ermittlung der notwendigen Nachbarkanalselektivität angestellt wurde, könnte vom Standpunkt der gegenseitigen Störbeeinflussung aus auch als Bestimmungsgrundlage für die Fernabselektivität, die Spiegel-

acoustique rayonnante. Les exigences d'une bonne reproduction du spectre sonore impliquent une combinaison de haut-parleurs de dimensions appropriées. Tout récepteur de qualité devrait comporter une prise pour haut-parleur extérieur disposée soit à la sortie de l'étage de puissance lorsque celui-ci est très bon, soit directement à la sortie du démodulateur lorsque l'étage de sortie ne convient pas.

La qualité de la réception dépend encore de la façon dont le récepteur se comporte en présence de bruits parasites impulsifs comme ceux dus aux allumages des véhicules à moteur. Le point sera considéré séparément au chapitre 5.

4. Sélectivité

Les plans du réseau des émetteurs FM ont été établis sur la base d'un écart de 300 kHz entre canaux occupés par des émetteurs voisins. Cela veut dire que lorsque cet écart de fréquence est respecté, un récepteur devrait pouvoir recevoir le plus petit des signaux perceptibles sans être gêné par la plus forte des stations locales. Si l'on s'en tenait à ce point de vue pour déterminer la sélectivité requise d'un récepteur, on aboutirait à des caractéristiques très sévères qui ne seraient guère mieux utilisées que la limite de la sensibilité basée sur le bruit de fond. Il est plus raisonnable de se contenter d'une sélectivité suffisante pour séparer un émetteur lointain d'un émetteur local lorsque le niveau du premier atteint la valeur nécessaire pour une réception confortable de la radiodiffusion. Cela conduit à une sélectivité de 40 à 60 dB entre canaux adjacents. Avec 60 dB on peut séparer les signaux locaux les plus forts. Cependant 40 dB constituent un honnête compromis, suffisant dans la plupart des cas (fig. 4). Ces valeurs se réfèrent à la sélectivité dynamique et non à la sélectivité résultant de mesures statiques (mesures à un seul signal), habituellement considérée. Pour obtenir des valeurs comparables à celles qui apparaissent en pratique, on doit utiliser une méthode de mesure à deux générateurs, modulés chacun à 1000 Hz avec une excursion de fréquence de 22,5 kHz. L'un des générateurs est réglé au milieu du canal considéré, l'autre à 300 kHz de là. La mise en service de ce second générateur, dont le niveau de sortie est de 40 à 60 dB plus élevé que le premier, ne doit pas faire tomber le rapport signal/bruit BF mesuré à la sortie du récepteur au moyen d'un psophomètre en dessous de 40 dB.

La figure 5 montre la relation qui existe entre la sélectivité statique et la sélectivité dynamique entre canaux voisins. On voit que dans ce cas la sélectivité statique doit être de 20 dB plus grande.

Les considérations faites pour définir la sélectivité nécessaire entre canaux voisins pourraient servir à établir les exigences relatives à la protection contre les signaux à d'autres fréquences, par exemple à la fréquence image ou à la fréquence intermédiaire. La méthode indiquée est particulièrement justifiée pour les signaux parasites à la fréquence image qui

frequenz- und Zwischenfrequenz-Durchschlagsdämpfung dienen. Für Störsignale, die auf der Spiegel­frequenz eintreffen, ist die Methode durchaus gerechtfertigt, da sie nur an einer einzigen Stelle des Abstimm­bereiches hörbar sind. Anders liegen die Ver­hältnisse für die ZF-Durchschlagsdämpfung und die Fernabselektivität, bei denen eine eintretende Störung über den gesamten Abstimm­bereich von 87,5... 100 MHz hörbar wird. Glücklicherweise kann man die beiden Dämpfungen relativ einfach auf 90... 100 dB bringen, womit diese lästigen Störungen bis zu Feldstärken von ca. 100 mV/m ausgeschlossen werden.

Abschliessend sei noch ein Blick auf die handels­üblichen Empfänger gestattet. In Figur 5 sind zum Vergleich verschiedene statisch gemessene Selektivitätskurven aufgezeichnet. Die am meisten verbreiteten Empfängerfabrikate zeigen Kurven, welche im schraffierten Bereich I liegen. Wie man sieht, genügen sie den Minimalanforderungen nicht. Vollständigkeithalber sei noch erwähnt, dass es auch einige Radiofabrikate mit besserer Selektivität gibt. Leider wird sie meistens durch eine unzulässige Verschmälerung der Übertragungsbandbreite erkauft. Damit lässt sich die im Abschnitt 3a) verlangte Klirrfaktorforderung bei kleinen Signalen nicht mehr einhalten. Die Übertragungsbandbreite sollte im Minimum 150 kHz betragen.

5. Störempfindlichkeit

Die meisten bisherigen Betrachtungen basieren auf dem äusseren ortsbestimmten HF-Störabstand und der für Rundfunk nötigen NF-Qualität. Im allgemeinen stellen sie für den Radiohörer festgegebene Werte dar, die er wenig oder gar nicht beeinflussen kann. Ob er ein bestimmtes Sendersignal genügend störfrei empfangen kann, ist damit vor allem eine Frage der Empfänger-Störempfindlichkeit. Je unempfindlicher der Empfänger gegen äussere Störsignale ist, desto mehr Nutzsignale erreichen die Rundfunkempfangsqualität. Gerade in dieser Hinsicht lassen die Radioempfänger in vielen Punkten zu wünschen übrig. Es scheint demnach notwendig, einmal mehr auf die wichtigsten wohlbekannten Ursachen hinzuweisen, welche an vielen unliebsamen Störungen schuld sind.

5.1. Intermodulation

Neben dem gewünschten Nutzsignal treffen alle übrigen Rundfunksignale zwischen 87,5...100 MHz nur unwesentlich gedämpft an den ersten Verstärkereingang. Infolge der Nichtlinearitäten entstehen daraus durch Intermodulation Kombinationsfrequenzen, welche in den Frequenzbereich des Nutzsignals fallen. Nehmen wir beispielsweise an, dass ein erstes Nachbarsignal zwei Kanäle und ein zweites Nachbarsignal vier Kanäle neben dem gewünschten Signal liegt. Durch Frequenzvervielfachung an der Nichtlinearität entsteht aus dem ersten Nachbarsignal u. a. die zweite Harmonische. Sie liegt vier Kanalabstände

ne sont audibles que pour une position unique et bien déterminée de la gamme d'accord. Il en va autrement de la sensibilité à la fréquence intermédiaire et de la sensibilité à des signaux forts de fréquence très différente de la fréquence d'accord, car alors la perturbation affecte toute la gamme de 87,5 à 100 MHz. Heureusement, on peut affaiblir de 90 à 100 dB ces deux genres de perturbations avec des moyens assez simples, de sorte qu'elles sont exclues tant que le champ ne dépasse pas une centaine de mV/m.

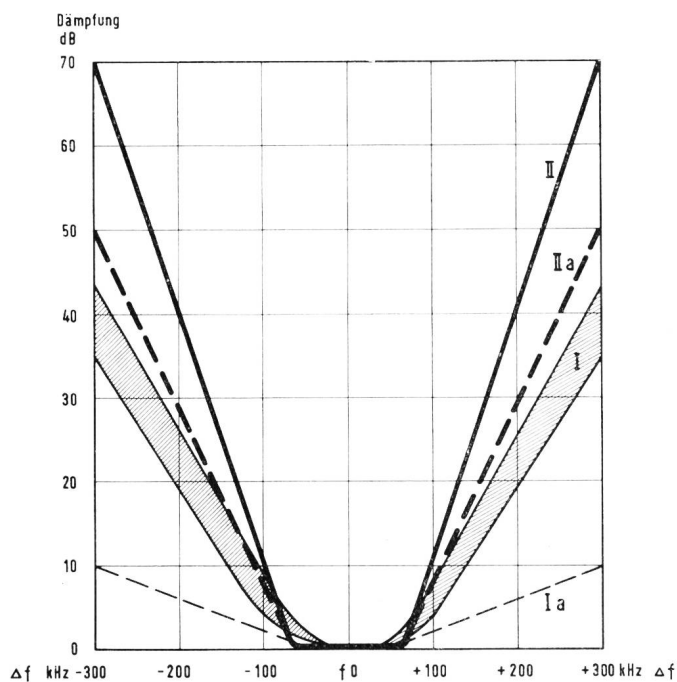


Fig. 5. Beispiel für die Empfängerselektivität.
 Kurve I : Statische Selektivität der gebräuchlichen Radioempfänger.
 Kurve Ia : Störeselektivität eines gebräuchlichen Radioempfängers.
 Kurve II : Vorschlag für die anzustrebende statische Selektivität.
 Kurve IIa : Vorschlag für die anzustrebende Störeselektivität.
 (Die Störeselektivitätskurven gelten für einen NF-Störabstand von 40 dB, wenn beide Sender auf 22,5 kHz Hub ausmoduliert sind. Vergleiche im Text Abschnitt 4)
 Exemple de courbes de sélectivité de récepteurs.
 Courbe I : sélectivité statique des appareils récepteurs courants.
 Courbe Ia : sélectivité dynamique d'un récepteur courant.
 Courbe II : sélectivité statique souhaitable.
 Courbe IIa : sélectivité dynamique souhaitable.
 Les courbes II et IIa sont des propositions.
 (Les courbes de sélectivité dynamique correspondent à un écart signal/bruit de 40 dB lorsque les deux générateurs de mesures employés pour les relever sont modulés avec une excursion de fréquence de 22,5 kHz. Voir chapitre 4 du texte)

Pour clore ce chapitre, il peut être intéressant d'examiner brièvement comment se comportent les récepteurs courants. La figure 5 représente quelques courbes de sélectivité mesurée selon la méthode statique. Les récepteurs de fabrication usuelle ont des courbes qui tombent dans le domaine hachuré I. Comme on le voit, ils ne satisfont pas aux exigences minimums.

neben der doppelten Frequenz des Nutzsymbols. Die durch Intermodulation entstehende Differenz zwischen dieser Harmonischen und der Grundwelle der zweiten Nachbarfrequenz entspricht genau der Empfangsfrequenz des Nutzsymbols. Damit ein so entstandenes Signal zu keiner Störung Anlass gibt, darf es wiederum den äusseren Störpegel nicht überschreiten, auch dann nicht, wenn die Intermodulation von zwei starken Ortssendesignalen herrührt. Messtechnisch ist dazu ein Intermodulationsfaktor von mehr als 60...65 dB erforderlich.

5.2. Übersteuerung der Verstärker

Die Übersteuerung der Verstärker- und Mischstufen durch starke Ortssendesignale auf Nachbarkanalfrequenzen kann ein schwächeres Nutzsymbols stören oder sogar unterdrücken. Durch diesen Effekt erscheint die Störselektivitätskurve gegenüber der statischen, wie im Abschnitt 4 erwähnt, verbreitert. Dieser unerwünschten Übersteuerung begegnet man nach Möglichkeit, indem die Hauptverstärkung in die letzten schmalbandigen Zwischenfrequenzstufen verlegt wird. Die HF-Vorverstärkung wird lediglich so gross gewählt, dass die nachfolgenden Stufen nur noch unwesentlich zum Rauschen beitragen. Die zulässigen Grenzwerte sind im Abschnitt 4 angegeben.

Oft treten auch von Signalen, die weit ausserhalb des FM-UKW-Rundfunkbandes liegen, unliebsame Störungen auf. Gewöhnlich entsteht bei ungenügender Vorselektion und Übersteuerung der Eingangsstufen durch Mischung von Grund- oder Oberwellen des weitabliegenden Signals mit einer Harmonischen des Empfangsoszillators die Zwischenfrequenz.

Vom Standpunkt der zulässigen Störbeeinflussung aus würde eine Dämpfung von 60 dB derartige Nebenwellen genügend abschwächen. Es verbleibt aber die Möglichkeit, dass sie auf unbesetzten Kanälen hörbar wird. Wenn es sich um Rundfunksignale handeln würde, wäre das weiter nicht schlimm. Da das Störsymbol jedoch meistens von einer kommerziellen Funkanlage herrührt (z.B. Fahrzeug-Telephonie, Polizei- und Militärfunk usw.), werden die Hörer darauf aufmerksam und reklamieren. Gute UKW-Radios sollten aus diesem Grunde fernabliegende Nebenwellen mindestens 80...100 dB dämpfen.

5.3. Störung durch Mehrwegausbreitung

In unserem bergigen Gelände hat man von vielen Empfangsorten keine Sicht zum Sender. Das Sendesignal trifft dann nur stark abgeschwächt, durch Beugung an die Empfangsantenne. Oft wirken Hügel und Berge in der Umgebung einiger Kilometer, von denen nach beiden Orten Sicht besteht, als Reflektoren und lenken dann das Sendesignal auf verschiedenen langen Wegen, mit unterschiedlichen Laufzeiten, ebenfalls an die Empfangsantenne. Durch Addition dieser Teilschwingungen bildet sich schliesslich das Empfängereingangssymbol, welches gegenüber dem eigentlichen Sendesignal verzerrt ist. Neben der Nutzmodulation weist es eine Phasen- und Amplituden-Störmodulation auf. Beide sind abhängig

Il est vrai qu'il existe aussi quelques types de récepteur dont la sélectivité est meilleure. Malheureusement cet avantage est acquis au prix d'une réduction inacceptable de la bande passante utile et la condition posée au paragraphe 3a à propos du taux de distorsion ne peut plus être respectée. La bande passante utile devrait atteindre au minimum 150 kHz.

5. Sensibilité aux perturbations

La plupart des considérations précédentes reposent sur un rapport signal/bruit haute fréquence à l'entrée du récepteur et sur une qualité BF minimum pour la radiodiffusion. En général, il s'agit de valeurs données que l'auditeur ne peut guère modifier. Par contre, la sensibilité du récepteur aux perturbations joue souvent un rôle déterminant sur la qualité de la réception d'un émetteur donné. Moins le récepteur est sensible aux perturbations extérieures, plus le nombre des émetteurs reçus avec une qualité suffisante est grand. Les postes de radio présentant ordinairement plus d'un point faible à ce propos, il semble nécessaire d'attirer une fois encore l'attention sur les raisons bien connues des défauts observés.

5.1. Intermodulation

L'entrée du premier amplificateur reçoit non seulement le signal désiré mais encore tous ceux, très faiblement atténués, qui se trouvent dans la gamme de 87,5 à 100 MHz. Les non-linéarités présentes provoquent des fréquences de combinaison par intermodulation, fréquences qui tombent dans le domaine du signal utile. Supposons par exemple qu'un premier signal voisin se trouve à un intervalle de deux canaux du signal utile et un second à quatre canaux. La non-linéarité fait apparaître, entre autres, le deuxième harmonique du premier signal voisin; celui-ci se trouve à 4 canaux de la fréquence double du signal utile. L'intermodulation de ces harmoniques donne naissance à une fréquence qui, combinée avec la fréquence du second signal, résulte en un signal parasite à la fréquence même du signal utile. Pour qu'un tel signal ne perturbe pas, il faut qu'il ne dépasse pas le niveau perturbateur extérieur, même s'il s'agit de l'intermodulation de deux émetteurs locaux puissants. Pour cela, il est nécessaire que le facteur d'intermodulation soit meilleur que 60 à 65 dB.

5.2. Saturation de l'amplificateur

La saturation des amplificateurs et des étages mélangeurs par des signaux puissants provenant d'émetteurs locaux travaillant sur les fréquences des canaux voisins est susceptible de brouiller et même d'étouffer un signal utile. C'est ce qui produit l'élargissement de la courbe de sélectivité dynamique par rapport à la courbe de sélectivité statique signalée au chapitre 4. On combat autant que possible cet élargissement en reportant la majeure partie de l'amplification dans les derniers étages à fréquence intermédiaire, étages qui sont les plus sélectifs. On règle la préamplification HF de manière que les étages

vom Nutzhub, vom Produkt Laufzeitdifferenz \times Modulationsfrequenz und vom Amplitudenverhältnis der Teilwellen. In jedem Fall ist die Störung am grössten, wenn die Teilschwingungen in den Amplituden gleich sind. Die Hüllkurve der resultierenden Welle kann an verschiedenen Punkten durch Null gehen. Gleichzeitig ändert die Phase um 180° , was eine impulsartige Frequenzverwerfung zur Folge hat.

Wie reagiert nun der Empfänger auf diese Störung? Die Phasenstörung passiert den Diskriminator genau gleich wie das Nutzsignal. Bei einer impulsförmigen Frequenzverwerfung des HF-Signals liefert er einen dem Störhub proportionalen Impuls an den NF-Verstärker.

Was die Amplitudenstörung anbetrifft, müsste diese durch einen idealen Begrenzer vollständig unterdrückt werden. Praktisch herstellbare Begrenzer arbeiten indessen nicht ideal, besonders nicht, wenn die Eingangsspannung einen bestimmten Schwellwert unterschreitet. Dies ist auch nicht notwendig, es genügt, wenn der Begrenzer die Amplitudenstörung unter den unvermeidlichen Wert der Phasenstörung bringt. Theoretische und praktische Untersuchungen zeigen, dass diese Bedingung gut erfüllt ist, sobald das Eingangssignal den Begrenzer etwa 10 dB über den Schwellwert auszusteuern vermag. Wie den berechneten Kurven der Figur 6 entnommen werden kann, überwiegt die Phasenstörung schon bis zu relativ kleinen Amplitudenunterschieden, wenn im Begrenzerknie gearbeitet wird (Fig. 1, Punkt A). Diesen Anforderungen dürften die meisten heute verwendeten Begrenzerschaltungen genügen. Daraus folgt, dass die beobachtbaren Störungen im wesentlichen nur vom Phasenstörhub herrühren. Da der letztere vom Empfänger, wie bereits erwähnt, genau gleich verarbeitet wird wie die Nutzmodulation, ergeben Radioempfänger mit identischen Übertragungseigenschaften für das Nutzsignal auch gleiche NF-Störabstände. Dies trifft zu, solange die Momentan-Frequenzen der Summenschwingung im Durchlassbereich der ZF-Filter bleiben. Beim Überschreiten derselben treten starke Verzerrungen ein, die sich im plötzlichen Anwachsen des NF-Klirrfaktors äussern. (Fig. 7 und 8). Bei einer Durchlassbreite von ± 75 kHz tritt diese frequenzmässige Übersteuerung jedoch erst auf, nachdem die Rundfunkqualität der Impulsstörungen wegen bereits ungenügend ist. Eine nähere Erläuterung des Effekts erübrigt sich deshalb für unsere Betrachtungen.

Nach dem bisher Gesagten ist es naheliegend, dass bei Mehrwegempfang die Übertragungsqualität auf Grund des NF-Spitzenstörabstandes beurteilt wird. Vergleiche von Messergebnissen mit subjektiven Bewertungen haben ergeben, dass die Rundfunkqualität erreicht wird, wenn der NF-Spitzenstörabstand rund 30 dB beträgt; bei Jazz genügen meistens 20 dB. Damit dieser Abstand erreicht wird, muss die stärkste Teilschwingung bei einer Phasenverschiebung in der Modulation von mehr als 30° mindestens 20 dB grösser sein als die übrigen (Fig. 6).

sivants n'aient plus qu'une influence négligeable sur le souffle. Les limites acceptables sont données au chapitre 4.

Il arrive souvent que des signaux situés bien en dehors de la bande réservée à la radiodiffusion FM produisent des perturbations désagréables. Cela est dû habituellement à une présélection insuffisante et à la saturation des étages d'entrée; le mélange de la fondamentale ou des harmoniques du signal nuisible avec l'un des harmoniques de l'oscillateur local produit la fréquence intermédiaire. Si l'on ne considère que l'effet perturbateur sur un signal utile donné, il suffirait que ces réponses indésirables soient atténuées de 60 dB. Cependant cela n'empêcherait pas qu'elles restent audibles dans les canaux libres. S'il ne s'agissait que de la radiodiffusion, cela n'aurait guère d'importance, mais comme, en général, le signal perturbateur provient d'un émetteur de radio à usage professionnel (liaisons mobiles de véhicules taxi, militaire, police, etc.), les auditeurs s'en aperçoivent et réclament. De bons récepteurs de radio devraient, pour cette raison, avoir une protection minimum de 80 à 100 dB contre les signaux perturbateurs distants en fréquence.

5.3. Perturbations dues aux trajets multiples des ondes

Dans notre pays montagneux, bien des emplacements de récepteurs ne sont pas en liaison optique avec l'émetteur. Le signal arrive à l'antenne réceptrice par réfraction et très affaibli. Souvent on rencontre dans un rayon de quelques kilomètres des collines ou des montagnes d'où l'on voit à la fois l'émetteur et le récepteur. Elles peuvent jouer le rôle de réflecteurs et renvoient le signal émis par des chemins de longueurs diverses à l'antenne réceptrice. Le signal à l'entrée du récepteur résulte de l'addition de ces ondes élémentaires; il est déformé par rapport au signal à la sortie de l'émetteur. Il n'est plus seulement modulé par le message à transmettre, mais il comporte en outre une modulation indésirable en amplitude et en phase. Toutes deux dépendent de l'excursion de fréquence utile, du produit de la différence des temps de propagation par la fréquence de modulation ainsi que du rapport des amplitudes des ondes élémentaires. Dans tous les cas, la perturbation est maximum lorsque ces amplitudes sont égales. L'enveloppe de l'onde résultante peut passer par zéro en plusieurs points. La phase subit alors un changement brusque de 180° avec pour effet une excursion de fréquence de forme impulsive.

Comment le récepteur réagit-il à cette perturbation? La perturbation de phase est traitée comme le signal utile par le discriminateur. Le brusque écart de fréquence du signal HF fait apparaître à l'entrée de l'amplificateur BF une impulsion proportionnelle à cet écart. Quant à la perturbation en amplitude, elle devrait être complètement absorbée par un limiteur idéal. En pratique, les limiteurs n'ont pas une caractéristique idéale, surtout si la tension d'entrée n'atteint pas un certain seuil. Cela n'est cependant pas néces-

NF - Störabst. ($\hat{U}_{\text{Nutz}} : \hat{U}_{\text{Stör}}$)

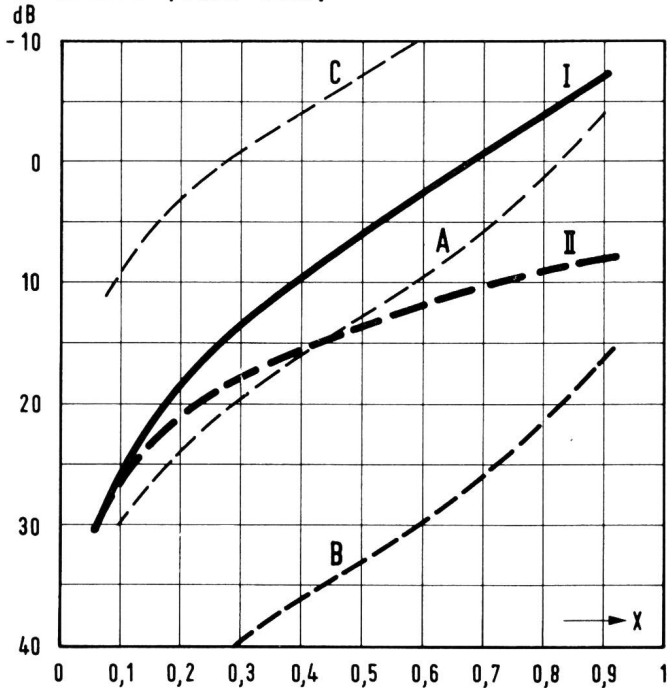


Fig. 6. Beispiel des bei Mehrwegempfang zu erwartenden NF-Spitzenstörabstandes in Abhängigkeit vom Teilwellen-Amplitudenverhältnis X (Die Kurven gelten bei einem Hub von 10 kHz und einer Verschiebung der Modulationsphasen um 30°)

Kurve I: Störabstand, hervorgerufen durch die Phasestörung (NF-Bandbreite: 20 kHz)

Kurve II: Störabstand, hervorgerufen durch die Phasestörung (NF-Bandbreite entsprechend Fig. 3)

Kurve A: Störabstand, hervorgerufen durch die Amplitudenstörung (NF-Bandbreite: 20 kHz, Begrenzersteuerung bis in den Kniefpunkt)

Kurve B: Störabstand, hervorgerufen durch die Amplitudenstörung (NF-Bandbreite: 20 kHz, Begrenzersteuerung bei 10 dB über dem Kniefpunkt A)

Kurve C: Störabstand, hervorgerufen durch die Amplitudenstörung (NF-Bandbreite: 20 kHz, Begrenzersteuerung bis 10 dB unter den Kniefpunkt A)

Exemple de l'écart entre signal utile et crêtes perturbatrices à la sortie BF dans le cas d'une propagation à trajets multiples en fonction du rapport X des amplitudes des ondes reçues

(Les courbes sont établies pour une excursion de fréquence de 10 kHz et un décalage de 30° entre les phases de la modulation)

Courbe I: Ecart signal/bruit dû au décalage des phases de la modulation (Largeur de bande BF = 20 kHz)

Courbe II: Ecart signal/bruit dû au décalage de phase (Bande passante BF selon la fig. 3)

Courbe A: Ecart signal/bruit dû à l'effet de la perturbation de l'amplitude (Bande passante BF = 20 kHz, excitation du limiteur atteignant le seuil A)

Courbe B: Mêmes conditions que la courbe A, mais avec une excitation du limiteur atteignant un point situé à 10 dB au dessus du seuil A

Courbe C: Mêmes conditions que la courbe A, mais avec excitation du limiteur atteignant un point situé à 10 dB au dessous du seuil A

In Figur 6 ist noch angedeutet, wie in gewissen Fällen, zum Beispiel bei Sprachübertragung, eine NF-Störabstand-Verbesserung erzielt werden kann, indem der Frequenzgang für höhere Tonfrequenzen beschnitten wird. Die erzielbare Verbesserung hängt, ausser von der minimal zulässigen Bandbreite für die Übertragung des Nutzsignals, von der Impulsfolgefrequenz und der Impulsbreite ab. Da diese Werte

saire, car il suffit tout à fait que le limiteur réduise la perturbation d'amplitude à une valeur inférieure au niveau inévitable consécutif à la perturbation de phase. Des études théoriques et pratiques montrent que cette condition est bien remplie dès que le signal d'entrée dépasse de 10 dB le seuil de saturation. Comme on le voit d'après les courbes théoriques de la figure 6, la perturbation de phase prévaut déjà jusqu'à des différences d'amplitudes relativement faibles lorsqu'on travaille dans le coude de la caractéristique du limiteur (fig. 1, point A). Comme la plupart des circuits de limiteurs actuellement utilisés devraient normalement être capables de satisfaire à cette exigence, on doit conclure que les perturbations observées proviennent essentiellement d'une excursion parasite de phase. Ainsi que cela a déjà été indiqué, le récepteur réagit exactement de la même façon à cette dernière qu'à la modulation utile du signal; lorsque deux récepteurs ont des caractéristiques de transmission identiques pour le signal utile, ils donnent le même rapport signal/bruit BF à leur sortie. Cela est vrai tant que la fréquence instantanée de l'onde résultante tombe dans la bande passante du filtre à fréquence intermédiaire. Dès que la fréquence instantanée franchit les frontières de cette bande, le taux de distorsion BF augmente brusquement (fig. 7 et 8). Lorsque la bande passante a ± 75 kHz, ce phénomène,

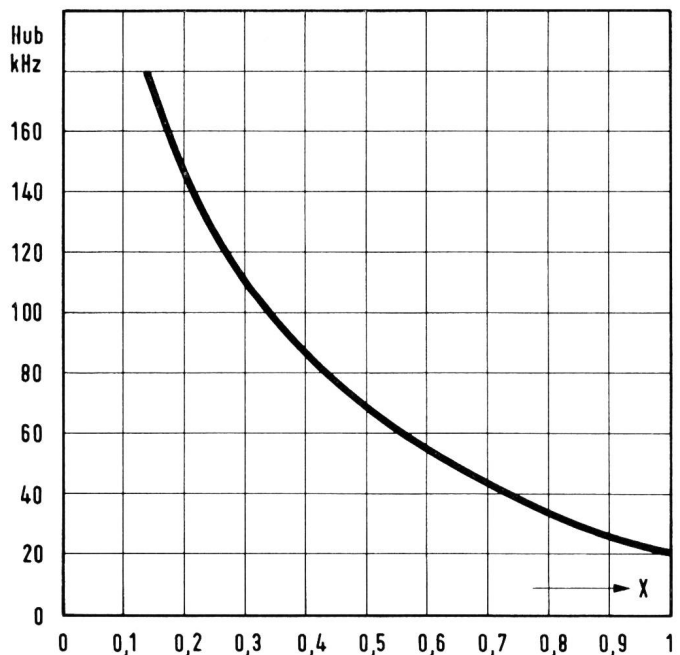
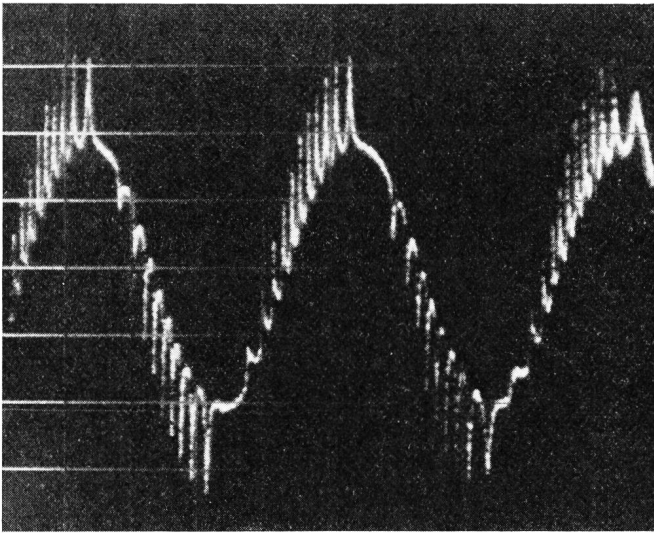


Fig. 7. Beispiel für den bei Mehrwegempfang zulässigen Hub, in Abhängigkeit vom Teilwellen-Amplitudenverhältnis X, damit der Klirrfaktor nicht zu gross wird.

(Diese Kurven gelten bei 30° Verschiebung zwischen den Modulationsphasen für eine ZF-Durchlassbandbreite von ± 75 kHz)

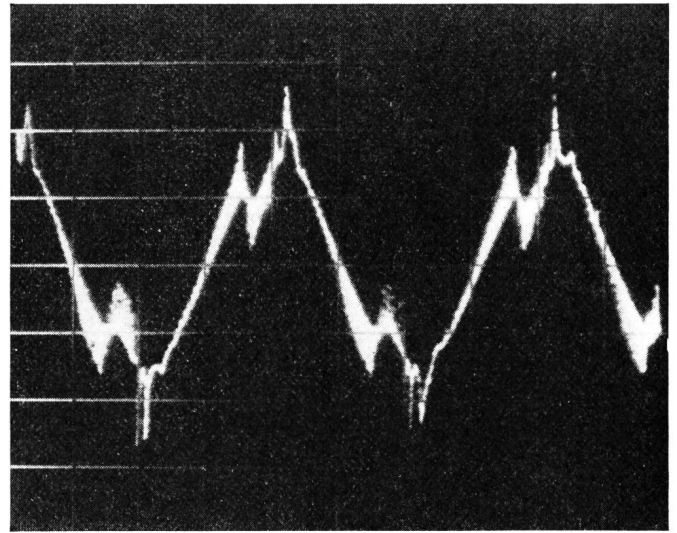
Exemple de l'excursion de fréquence tolérable pour la réception sans distorsion exagérée d'un signal arrivant par des trajets multiples en fonction du rapport X des amplitudes des ondes élémentaires

(Les courbes ont été tracées pour un décalage de 30° entre les phases de la modulation des ondes partielles et pour une bande passante des circuits à fréquence intermédiaires de ± 75 kHz)

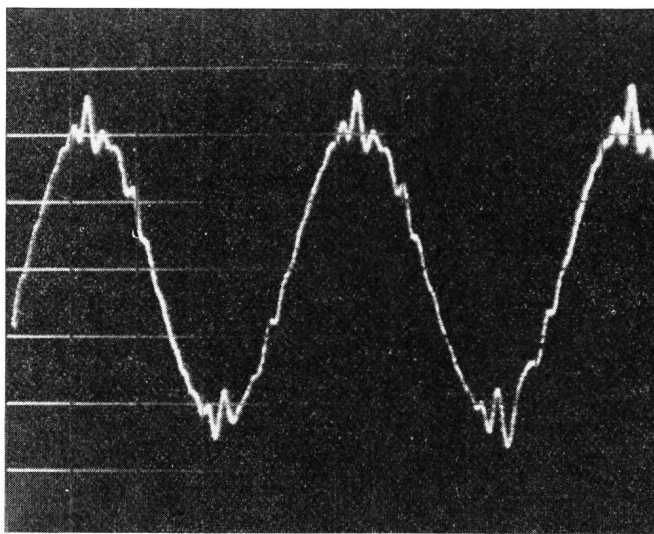


Kleiner Hub – Petite excursion de fréquence

NF-Bandbreite 20 kHz – Bande passante BF 20 kHz

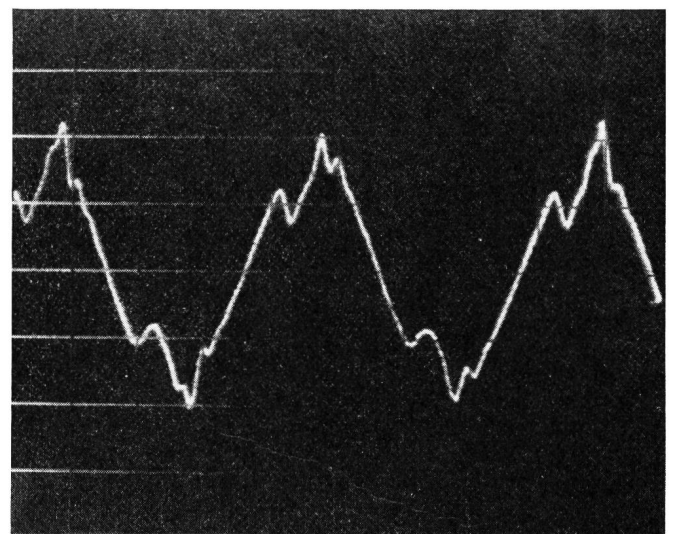


Grosser Hub – Grande excursion de fréquence



Kleiner Hub – Petite excursion de fréquence

NF-Bandbreite entsprechend Fig. 3 – Bande passante BF comme celle de la fig. 3



Grosser Hub – Grande excursion de fréquence

Fig. 8. Oszillogramme von Modulationsverzerrungen, wie sie bei Mehrwegempfang auftreten

Oscillogrammes montrant des distorsions de la modulation telles qu'elles résultent d'une propagation à parcours multiples

eine Funktion des Hubes, der Modulationsfrequenz, der Laufzeitdifferenz und dem Amplitudenverhältnis der Teilschwingungen sind, ist die Verbesserung für den allgemeinen Fall schwer vorauszusagen.

Leider zeigen die Erörterungen dieses Abschnittes, dass gegen die Störungen der Mehrwegausbreitung von der Empfängerseite her keine grossen Verbesserungen zu erwarten sind. Zusammenfassend seien noch einmal die wichtigsten Merkmale aufgezählt, welche die Störungen möglichst klein halten :

- a) Der Begrenzer sollte mindestens 10 dB über den Schwellwert angesteuert werden.
- b) Der NF-Frequenzgang ist nach den hohen Frequenzen hin so weit zu beschneiden, wie es das Frequenzspektrum des Nutzsymbols zulässt.
- c) Die ZF-Durchlassbandbreite und der lineare Teil des Diskriminators sind möglichst breit zu wählen (mindestens ± 75 kHz).

analoge à une saturation dans le domaine de la fréquence, ne se manifeste qu'après que la qualité de la réception est tombée, sous l'influence des parasites impulsifs, en dessous de la qualité requise pour la radiodiffusion. Il est donc inutile d'analyser ce phénomène de plus près. D'après ce qui précède, il est logique, dans le cas de propagation par trajets multiples, de prendre comme base l'écart entre le niveau du signal utile à celui des crêtes de perturbations à la sortie BF pour apprécier la qualité de la transmission. L'expérience montre que, pour atteindre la qualité requise pour la radiodiffusion, cet écart doit atteindre 30 dB ; notons cependant que 20 dB suffisent habituellement pour de la musique de jazz. Pour satisfaire à cette condition, il faut que la plus forte des ondes arrivantes dépasse les autres d'au moins 20 dB, si l'écart de phase de la modulation excède une trentaine de degrés (fig. 6).

d) Das Amplitudenverhältnis am Empfängereingang sollte durch günstigste Aufstellung einer geeigneten Richtantenne maximal eingestellt werden.

5.4. Störungen durch kurzzeitige elektrische Impulse

Neben den nachrichtenhaltigen Störsignalen, die den bisherigen Betrachtungen zugrunde liegen, gibt es für den FM-UKW-Rundfunkempfang noch die bedeutende Gruppe, welche den Charakter von Geräuschen hat. Die wichtigsten Störquellen dieser Art sind: Kollektormotoren, Schalter, elektrische Büromaschinen, Auto- und Motorradzündanlagen. Als kennzeichnendes Merkmal haben alle die Erzeugung kurzzeitiger elektrischer Impulse gemeinsam.

In Städten und Dörfern, wo die meisten Radiohörer wohnen, muss, bei der heutigen Verkehrsdichte, den durch Auto- und Motorradzündanlagen verursachten Störungen grösste Beachtung geschenkt werden. Sie treten auch weit häufiger auf als nachrichtenhaltige Störungen. Statistische Erhebungen haben gezeigt, dass bei 10 m Abstand zwischen Fahrzeug und Antenne ein $\lambda/2$ -Dipol im Mittel 500 μV Spitzenstörspannung pro 100 kHz Bandbreite an die Eingangsklemme liefert. Stark störende Motorräder erzeugen 10...15 dB grössere, speziell entstörte Autos 26...30 dB kleinere Werte*. Für grössere Entfernungen reduzieren sich die angegebenen Störspannungen proportional zur Abstandsänderung. Ein guter Empfänger sorgt dafür, dass mit den angegebenen Spitzenspannungen die niederfrequente Störbeeinflussung minimal bleibt. Der subjektive Störeindruck des Radiohörers lässt sich messtechnisch gut wiedergeben durch den Spitzenstörabstand an den Lautsprecherklemmen. Die Rundfunkqualität ist erreicht, wenn er 30...40 dB beträgt. Da sich die Zündungen in einem bestimmten Rhythmus wiederholen, z. B. alle 10 ms bei einem Vierzylinder-Viertakt-Motor mit 3000 Touren in der Minute, ist die Beurteilung der Störlästigkeit ein wenig von der Impulsfolgefrequenz abhängig.

Für Messzwecke verwendet man mit Vorteil einen Impulsgenerator, dessen Folgefrequenz 100 Hz beträgt. Die Impulsbreite sollte klein sein gegen 10^{-3} s und die an den Empfängereingang abgegebene Spitzenspannung 1 mV pro 100 kHz Bandbreite, immer bezogen auf eine Eingangsimpedanz von 50 Ohm. Wenn am Eingang gleichzeitig ein mit 1000 Hz auf 22,5 kHz moduliertes Nutzsignal von 250 μV_{eff} liegt, kann mit einem guten Radio die Rundfunkqualität erzielt werden. Mit kleineren Nutzsignalen zwischen zirka 5...100 μV darf bei geeigneter Dimensionierung ein NF-Spitzestörabstand von 20...26 dB erwartet werden. Sehr oft werden diese Werte bei Sprachübertragung als zureichend empfunden.

Die heute gebräuchlichen Radios halten diese Forderung bei weitem nicht ein (Fig. 9). Dieser Umstand lässt es notwendig erscheinen, etwas näher auf die Probleme, die die Impulsstörungen dem Empfängerbau stellen, einzutreten.

* Die «Quasi-Peak»-Werte nach CISPR sind zirka 20 dB kleiner.

La figure 6 montre encore que dans certains cas, par exemple celui de la transmission de la parole, on peut améliorer la protection BF en atténuant les aiguës. L'amélioration à laquelle on parvient ne dépend pas seulement de la largeur de bande minimum nécessaire pour la transmission du signal utile, mais encore de la fréquence de répétition des impulsions et de leur durée. Etant donné que ces valeurs sont liées à la fois à l'excursion de fréquence, à la fréquence de modulation, à la différence des temps de parcours et au rapport des amplitudes des ondes partielles, il est très difficile de prévoir l'amélioration correspondant au cas général.

On doit malheureusement conclure de ce qui précède que l'on ne peut espérer réduire beaucoup les effets nuisibles de la propagation par trajets multiples en perfectionnant les récepteurs.

Pour récapituler, voici encore la liste des caractéristiques principales que devraient avoir les récepteurs pour être le moins sensibles possible à ces perturbations.

- a) Le limiteur doit travailler à une dizaine de dB au-dessus du seuil, au moins.
- b) La réponse BF du poste ne doit pas être étendue du côté des aiguës au delà de ce qui est exigé pour la transmission du spectre de fréquence du signal utile.
- c) Il faut que la bande passante des filtres à fréquence intermédiaire et la portion linéaire de la caractéristique du discriminateur soient aussi larges que possible (au moins 150 kHz).
- d) Il faudrait que l'antenne de réception ait une bonne directivité et que son emplacement soit choisi de manière à obtenir à l'entrée du récepteur un rapport maximum entre les amplitudes des composantes du signal capté.

5.4. Perturbations dues à des impulsions brèves

Les signaux perturbateurs porteurs d'informations, dont on s'est occupé plus haut, ne sont pas seuls à gêner la diffusion à modulation de fréquence, il faut encore tenir compte du groupe important des parasites ayant le caractère d'un bruit. Leurs sources principales qui, toutes, produisent des impulsions brèves, sont: les moteurs à collecteur, les interrupteurs, les machines de bureau et les dispositifs d'allumage des véhicules équipés de moteurs à explosion. Ces derniers sont particulièrement ennuyeux dans les villes et dans les villages où passent des routes de grande circulation, c'est-à-dire là où habite la grande masse des auditeurs. Ils affectent bien plus souvent la réception FM que les perturbations porteuses d'informations. Des mesures statistiques ont montré que la tension de crête perturbatrice atteint en moyenne 500 μV par 100 kHz de largeur de bande à 10 m de distance de véhicules non déparasités, aux bornes d'un dipôle demi-onde. Les motocyclettes très perturbatrices donnent des niveaux de 10 à 15 dB plus élevés tandis que des autos déparasitées produisent des per-

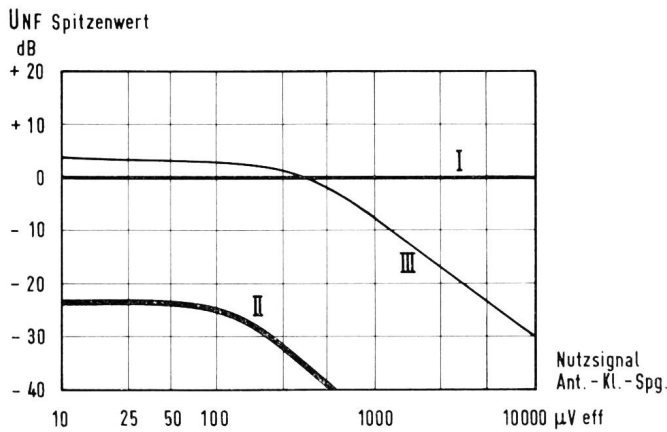


Fig. 9. Beispiel des zu erwartenden NF-Spitzenstörabstandes, hervorgerufen von kurzzeitigen Störimpulsen in Abhängigkeit von der Grösse des Nutzsignals (Störpegel: 1 mV pro 100 kHz Bandbreite)

Kurve I: NF-Ausgangsspannung des Nutzsignals von 1000 kHz bei 22,5 kHz Hub

Kurve II: NF-Ausgangsspannung des Störimpulses bei einem guten Empfänger (NF-Bandbreite entsprechend Fig. 3)

Kurve III: NF-Ausgangsspannung des Störimpulses bei einem gebräuchlichen Empfänger (NF-Bandbreite entsprechend Fig. 3)

Exemple de l'écart entre le signal utile et les crêtes des impulsions à la sortie BF d'un récepteur affecté par des impulsions brèves, en fonction de l'amplitude du signal utile (Amplitude des impulsions: 1 mV pour 100 kHz de largeur de bande)

Courbe I: Tension de sortie BF du signal utile modulé à 1000 kHz avec une excursion de fréquence de 22,5 kHz.

Courbe II: Tension des impulsions à la sortie BF d'un bon récepteur (bande passante BF selon fig. 3)

Courbe III: Tension des impulsions à la sortie BF d'un récepteur de production courante (bande passante BF selon fig. 3)

U_{NF} Spitzenwert — Tension de crête BF

Die meisten Impulsstörungen bestehen aus einer regelmässigen Folge von Einzelimpulsen. Ferner ist der Impulsabstand fast immer sehr gross gegenüber der Impulsbreite und der Empfängereinschwingzeit. Unter diesen Voraussetzungen lässt sich das Verhalten des Empfängers anhand der vereinfachenden Betrachtungsweise mit einem Einzelimpuls beschreiben.

Die Fourieranalyse eines kurzen Einzelimpulses liefert eine unendliche Summe von Sinus-Schwingungen mit Frequenzen zwischen $0 \dots \infty$ Hz. Nur ein kleiner Teil davon, derjenige, der im Durchlassbereich liegt, wird im Empfänger verstärkt und weiterverarbeitet. Die aufgenommenen Teilschwingungen sind gleichmässig über das Durchlassband verteilt und besitzen annähernd gleiche Amplituden und Phasen. Damit ist aber die verstärkte Summenspannung nicht nur proportional der Impuls-Amplitude, sondern auch proportional der Empfänger-Bandbreite. Genauere mathematische Untersuchungen mit Hilfe der Laplace-Transformationen, wie übrigens auch die direkte Messung an Empfängern, gestatten eine einwandfreie Bestimmung der Impulsform, wie sie auf den Demodulator gelangt. Als Beispiel, mit gekoppelten Bandfiltern in den ZF-Stufen, zeigt Figur 10 schematisch den zeitlichen Störungsverlauf. Die Form ist fast vollständig durch die ZF-Filtercharakteristik bestimmt. Zu erwähnen ist noch, dass die Amplitude beinahe

turbations de 26 à 30 dB plus basses.* Le niveau perturbateur décroît en raison inverse de la distance. La qualité de la réception d'un signal utile en présence d'impulsions brèves, comme celles dont il vient d'être question, peut dépendre sensiblement du récepteur. La mesure du rapport du signal utile aux crêtes de perturbation aux bornes du haut-parleur donne une image satisfaisante de l'impression subjective produite par la perturbation. Ce rapport doit atteindre 30 à 40 dB pour satisfaire aux exigences de la radiodiffusion. Le degré de gêne varie un peu en fonction de la fréquence de répétition des impulsions d'allumage, c'est-à-dire du régime et du nombre de cylindres des moteurs. A 3000 tours par minute, un moteur à 4 temps et à 4 cylindres produit une impulsion tous les 10 ms; c'est là un rythme moyen qui convient bien pour mesurer la protection des récepteurs. A cet effet, on utilise un générateur donnant 100 impulsions par seconde d'une durée bien plus courte que 10^{-8} s et dont l'amplitude atteint 1 mV par 100 kHz de largeur de bande aux bornes d'une résistance de charge de 50 ohms. Avec ce signal perturbateur, un bon récepteur est capable de délivrer à la sortie un signal BF de qualité suffisante pour la radiodiffusion, lorsque l'on applique simultanément à son entrée, adaptée à 50 ohms, un signal utile de 250 μ V eff. modulé à 1000 Hz et ayant une excursion de fréquence de 22,5 kHz. On peut obtenir avec des signaux utiles de 5 à 100 μ V une protection BF de 20 à 26 dB par rapport aux crêtes perturbatrices en dimensionnant correctement le récepteur. Cette protection est souvent considérée comme suffisante pour la réception de programmes parlés. Les récepteurs de radio actuels sont malheureusement loin d'être aussi bons (voir fig. 9). Aussi, semble-t-il nécessaire d'examiner de plus près les problèmes que les parasites impulsifs posent au constructeur.

Tout d'abord, constatons que la plupart de ces parasites consistent en une suite régulière d'impulsions séparées les unes des autres par des intervalles presque toujours très grands par rapport à leur durée et au temps de réponse du récepteur. Dans ces conditions, on peut réduire la description du comportement d'un récepteur à celle de sa réaction à une impulsion unique.

D'après Fourier, une impulsion brève unique équivaut à la somme d'un nombre infini d'oscillations sinusoïdales dont les fréquences couvrent tout le spectre de 0 à ∞ Hz. Le récepteur ne réagit qu'à celles d'entre elles qui tombent dans une bande passante relativement étroite. Les oscillations élémentaires captées y sont réparties de façon uniforme, leur amplitude et leur phase étant à peu près constantes. Il s'ensuit que la tension résultante amplifiée n'est pas seulement proportionnelle à l'amplitude de l'impulsion, mais aussi à la largeur de la bande passante du récepteur. On peut très bien calculer ou aussi déterminer expérimentalement la forme des

* Les tensions perturbatrices indiquées par un récepteur de mesure CISPR à détection de quasi crête sont 14 à 20 dB plus petites que les tensions de crête.

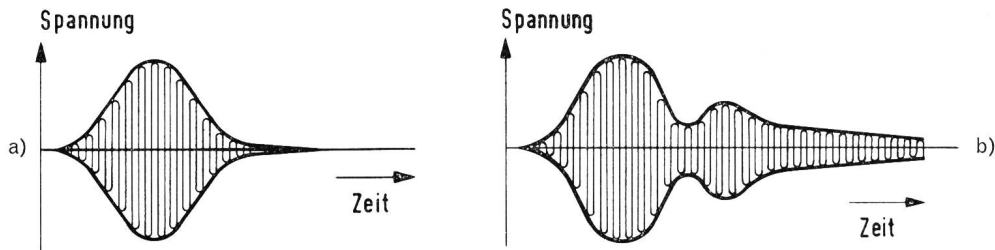


Fig. 10. Schematische Darstellung eines kurzen Impulses am ZF-Ausgang (Die Frequenz der schnellen Grundschwingung entspricht der Filterabstimmfrequenz)
 a) Filter richtig abgestimmt
 b) Ein Filterkreis verstimmt
 Spannung = tension; Zeit = temps

Représentation schématique d'une impulsion brève à la sortie de l'amplificateur à fréquence intermédiaire (La fréquence des oscillations rapides correspond à celle sur laquelle le filtre est accordé)
 a) Filtre accordé correctement
 b) Filtre dont un circuit est désaccordé

unabhängig von der verwendeten Filterzahl konstant bleibt, während die Zeit bis zum Erreichen der maximalen Amplitude mit der Filterzahl anwächst. Die Impulslänge ist ungefähr gleich der reziproken ZF-Bandbreite.

Gleichzeitig mit dem Störimpuls wird auch das Nutzsignal verstärkt. Bei der vektoriellen Addition wird das Nutzsignal durch die Störung amplituden- und phasenmoduliert. Die Interferenz dauert entsprechend der Impulslänge nur kurze Zeit. Da die Trägerfrequenz und die HF-Grundfrequenz der Störung am ZF-Ausgang ungefähr gleich gross sind, hängt die resultierende Störampplitude stark von der Phasenlage ab in der sich der Nutzträger beim Eintreffen des Störimpulses befindet. Der Phasenstörhub, der nach der Begrenzung allein verbleibt, ist maximal, wenn die Phasenverschiebung zwischen dem Nutzträger und der Störschwingung 90° beträgt. Der Diskriminator liefert in diesem Fall auch den grösstmöglichen Impuls an den NF-Verstärker. Der aus dem Störphasenwinkel durch Differenzierung entstandene Spannungsverlauf ist aus Figur 11 ersichtlich. Seine Impulslänge ist gegenüber der Einschwingzeit des NF-Verstärkers kurz. Dementsprechend erscheint die Amplitude an den Lautsprecherklemmen reduziert, während sich die Impulslänge proportional vergrössert.

Zusammenfassend lässt sich schliesslich sagen, dass der für den subjektiven Störeindruck wichtige Spitzenstörabstand proportional sein muss zum

impulsions telles qu'elles apparaissent au démodulateur. A titre d'exemple, la figure 10 représente schématiquement l'allure de la perturbation à la sortie d'un amplificateur à fréquence intermédiaire équipé de filtres de bande à circuits couplés. La forme de l'impulsion résultante est presque entièrement déterminée par les caractéristiques des filtres à fréquence intermédiaire. Notons encore que son amplitude ne dépend presque pas du nombre de filtres utilisés, alors que le temps nécessaire pour atteindre l'amplitude maximum croît en fonction directe de ceux-ci. La longueur des impulsions est environ égale à l'inverse de la bande passante à fréquence intermédiaire.

Le signal utile et l'impulsion perturbatrice sont amplifiés simultanément; l'addition vectorielle de ces deux éléments se traduit par une modulation en amplitude et en phase du premier par le second. La durée de cette action correspond à celle très brève de l'impulsion. Comme, d'autre part, la fréquence porteuse et la fréquence de la perturbation à la sortie de l'amplificateur à fréquence intermédiaire sont voisines, l'amplitude de la perturbation résultante dépend fortement de la phase de la porteuse utile au moment où arrive l'impulsion. L'excursion de phase perturbatrice, seule présente à la sortie du limiteur, atteint son maximum lorsque la porteuse utile et l'oscillation perturbatrice sont décalées de 90° . Le discriminateur fournit alors l'impulsion la plus forte possible à l'entrée de l'amplificateur à basse fréquence. La figure 11 montre l'allure de la tension, en ce point, obtenue par différenciation de l'angle de phase perturbateur. La durée de cette impulsion est courte vis-à-vis du temps de réponse de l'amplificateur BF; aux bornes du haut-parleur, l'impulsion résultante a une amplitude et une durée rallongées proportionnellement au rapport de ces temps.

En résumé, on peut dire que la protection du récepteur par rapport aux crêtes perturbatrices (protection qui caractérise l'effet subjectif des perturbations impulsives) doit être proportionnelle à l'excursion de fréquence utile et au rapport des amplitudes de la porteuse utile et de l'oscillation perturbatrice à la sortie de l'amplificateur à fréquence intermédiaire. D'autre part, elle dépend des bandes passantes de ce dernier amplificateur et de l'amplificateur à basse fréquence.

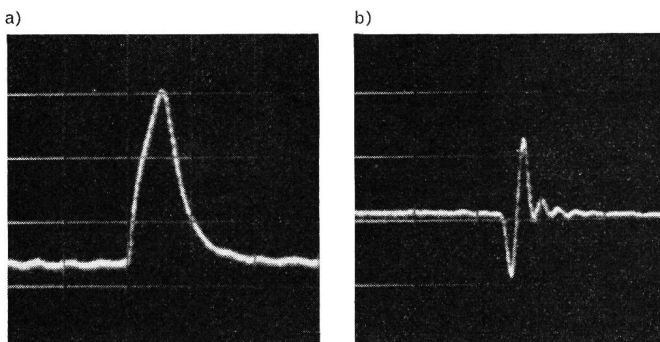


Fig. 11. Oszillogramme von Impulsstörungen.
 a) Gitterstromimpuls
 b) Störimpuls am Diskriminatorausgang
 Oszillogrammes de perturbations dues à des impulsions.
 a) Impulsion de courant de grille
 b) Impulsion de perturbation à la sortie du discriminateur

Nutzhub und dem Amplitudenverhältnis des Nutzträgers zur Störschwingung am ZF-Ausgang. Ferner ist er von der ZF- und NF-Bandbreite abhängig.

Bei den bisherigen Betrachtungen wurde stillschweigend vorausgesetzt, dass die Trägeramplitude gegenüber der Störampplitude am ZF-Ausgang gross ist, dass die Begrenzer wie die Demodulatoren ideal arbeiten und keine Filterverstimmungen vorliegen. Werden diese Bedingungen nicht eingehalten, wird der Störabstand von zusätzlichen Faktoren bestimmt und verschlechtert. Es ist deshalb wichtig, dass

- a) die Begrenzer-Zeitkonstanten klein genug sind, um der Hüllkurve der Störimpulse folgen zu können; dies ist besonders wichtig, wenn die Störampplitude gegenüber der Nutzampplitude gross ist. Die Störung ist dann nur noch von der Impulsbreite, nicht aber von ihrer Amplitude abhängig. Als zulässige obere Grenze kann $5 \mu\text{s}$ angesehen werden. Dieser Wert darf weder bei der angestrebten Begrenzung in separaten Limiterstufen noch bei unbeabsichtigter Übersteuerung von HF- oder ZF-Stufen überschritten werden; spezielle Aufmerksamkeit ist auch den Zeitkonstanten eventueller AVC-Regelkreise zu schenken;
- b) die Diskriminator-Charakteristik möglichst symmetrisch und linear ist. Kleinste Unsymmetrien infolge Streukapazitäten verschlechtern den Störabstand beträchtlich;
- c) die Filter in Bezug auf den Nutzträger exakt abgestimmt sind. Die Auswirkung eines verstimmtten Kreises ist schematisch in Figur 10 dargestellt. Derartige Verstimmungen werden sehr oft erzeugt, wenn ein grosses Signal an den Empfängereingang gelangt. Durch die starke Aussteuerung fliessen, speziell in den letzten ZF-Stufen, relativ grosse Gitterströme, wobei sich die Röhreneingangskapazitäten verändern. Wirksame Abhilfe schaffen grosse Schwingkreiskapazitäten. Die gleiche Verbesserung lässt sich erzielen, wenn die letzten Filter mit grösserer Durchlassbandbreite gebaut werden.

6. Allgemeine Anforderungen

Zum Schluss seien noch jene allgemeinen Anforderungen zusammengestellt, deren Erfüllung bei einem guten Radio als selbstverständlich gelten sollten:

Bei der Herstellung dürfen keine minderwertigen oder alterungsunbeständigen Schaltelemente verwendet werden. Die Stabilität der Geräte wird sonst von vorneherein fragwürdig.

Ein neuer Radioempfänger darf nur unmerklich auf Temperaturschwankungen zwischen $15...30^\circ\text{C}$ und Netzspannungsänderungen um $\pm 10\%$ reagieren. Ebenso stabil muss sein Arbeitspunkt bleiben, wenn die Aussteuerung durch das Eingangssignal um zirka 100 dB ändert. Röhrenwechsel sollten im allgemeinen

On a supposé jusqu'à maintenant que l'amplitude de la porteuse à la sortie des étages à fréquence intermédiaire était grande par rapport à l'amplitude de la perturbation, que le limiteur ainsi que le discriminateur avaient des caractéristiques idéales et que les filtres étaient parfaitement accordés. Si tel n'est pas le cas, d'autres facteurs entrent en jeu et détériorent le rapport signal/bruit. Il est donc important que :

- a) les constantes de temps du limiteur soient suffisamment courtes pour suivre l'enveloppe des impulsions perturbatrices. Cela est d'autant plus capital que ces dernières sont grandes par rapport à l'amplitude du signal utile. L'effet perturbateur ne dépend alors que de la durée des impulsions et non plus de leur amplitude. On peut considérer la valeur de $5 \mu\text{s}$ comme le maximum tolérable. Elle ne devrait être dépassée dans aucun des étages limiteurs lorsque ceux-ci fonctionnent au niveau requis ou lors d'une saturation imprévue d'étages à haute fréquence ou à fréquence intermédiaire. Il faut également vouer une attention particulière aux constantes de temps de circuits de commande automatique de gain;
- b) la caractéristique du discriminateur soit aussi symétrique et linéaire que possible. Il suffit de très petites dyssymétries dues à des capacités parasites pour abaisser considérablement le rapport signal/bruit;
- c) les filtres soient accordés exactement par rapport à la fréquence de la porteuse utile. La figure 10 montre schématiquement l'effet du désaccord d'un filtre. De tels désaccords se produisent souvent lorsqu'un signal élevé est appliqué à l'entrée du récepteur. Il arrive alors que des courants relativement importants apparaissent aux grilles de commande des derniers étages à fréquence intermédiaire et que les capacités d'entrée des tubes s'en trouvent modifiées. Pour combattre efficacement l'effet nuisible de ce phénomène, il convient d'utiliser de grandes capacités pour les circuits oscillants. Il est également possible d'obtenir une amélioration analogue en assignant une bande passante plus large aux derniers filtres à fréquence intermédiaire.

6. Exigences de caractère général

Voici encore pour terminer une liste de propriétés d'ordre général qui devraient indiscutablement caractériser un bon récepteur. Ses circuits ne devraient comporter aucun élément de qualité douteuse ou variable avec le temps, sinon la stabilité du poste s'en trouverait d'avance compromise. Un nouveau récepteur doit pouvoir fonctionner sans perdre sensiblement de ses qualités à toute température comprise entre 15° et 30°C de même qu'à des tensions s'écartant de $\pm 10\%$ de la tension nominale aux bornes du réseau d'alimentation. Le point de travail du récepteur doit rester également stable, lorsqu'on fait varier d'une centaine de dB le niveau du signal à son

kein Nachstimmen des Gerätes erfordern, speziell nicht in überkritisch gekoppelten Zwischenfrequenzstufen.

Es ist allgemein bekannt, dass mit geeigneten Richtantennen oft bedeutend bessere Empfangsverhältnisse erzielt werden. Mit der gleichen Sorgfalt ist auch die Anpassung an den Empfängereingang durchzuführen. Die Eingangsimpedanz sollte darum einen wohldefinierten Wert besitzen.

Schliesslich sei noch auf die unerwünschte Rückstrahlung von Grund- und Oberwellen des Empfangsoszillators hingewiesen. Für die Durchführung diesbezüglicher Messungen bestehen internationale Empfehlungen des CEI. In drei Metern Abstand darf die Störfeldstärke der Grundwelle höchstens 3 mV/m, und diejenige der Oberwellen im Maximum 0,4 mV/m betragen.

Damit sind die wesentlichsten Punkte erwähnt. Wenn auch nicht auf alle Einzelheiten und die exakte Begründung der verschiedenen Forderungen eingetreten werden konnte, so dürfte der vorliegende Beitrag doch gezeigt haben, wie und wo noch Verbesserungen an UKW-Empfängern möglich sind.

EGON MEISTER, Bern

Die Entstörung der PTT-Motorfahrzeuge

Le déparasitage des véhicules à moteur des PTT

621.396.828:621.43.04:629.113

Beim Einbau von Radioempfängern in Fahrzeuge mit Benzinmotoren war die Entstörung der elektrischen Zündanlage des betreffenden Fahrzeuges von jeher notwendig, doch beschränkte sie sich bis vor wenigen Jahren auf die Lang-, Mittel- und Kurzwellenbereiche. Die Störungen hatten nur lokalen Charakter und waren in Entfernungen von wenigen Metern nicht mehr wirksam. Erst die Verwendung der Ultrakurzwellen für Rundspruch- und Fernsehzwecke zeigte, dass sich diese Störer in den höheren Frequenzbereichen auf verhältnismässig grosse Entfernungen ausbreiten können. In verkehrsreichen Wohngebieten, z. B. an Hauptstrassen, Parkplätzen usw., wird dadurch der Empfang von UKW-Rundspruch- und Fernsehsendern stark beeinträchtigt. Da die empfangsseitig mögliche Unterdrückung dieser Störungen begrenzt ist, drängt sich eine generelle Lösung dieses Problems auf, das heisst die Entstörung aller Motorfahrzeuge. Selbstverständlich beschränkt sich diese auf die Fernwirkung; weitergehende Massnahmen, die sogenannte Feinststörung, wie sie beim Betrieb eines Empfängers im Wagen nötig werden, bleiben nach wie vor dem Fahrzeughalter vorbehalten. Aus wirtschaftlichen Grün-

entrée. Il doit être généralement possible de changer les tubes amplificateurs sans avoir à réaccorder le poste, en particulier, cela ne devrait pas être nécessaire pour les filtres à fréquence intermédiaire à couplage supérieur ou couplage critique.

Nul n'ignore que l'on peut souvent obtenir une amélioration considérable de la réception au moyen d'antennes dirigées appropriées. Cette amélioration dépendant aussi pour une bonne part d'une adaptation correcte à chaque extrémité de la descente d'antenne, il serait souhaitable que la valeur de l'impédance d'entrée des postes récepteurs ait une valeur bien définie.

Enfin, le rayonnement parasite à la fréquence fondamentale et à celle des harmoniques de l'oscillateur local n'est pas à négliger. A trois mètres de distance, celui-ci ne devrait pas dépasser 3 mV/m pour la fondamentale et 0,4 mV/m pour les harmoniques lorsqu'on le mesure selon la technique recommandée par la CEI.

Ainsi s'achève cette énumération des principales exigences auxquelles devraient répondre de bons récepteurs pour la radiodiffusion à modulation de fréquence. S'il n'a pas été possible dans le cadre de cette brève étude d'entrer dans le détail des raisons théoriques et expérimentales qui les ont motivées, on espère cependant que le fait de les avoir définies aidera quelque peu à améliorer la réception.