Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 65 (1974)

Heft: 20

Artikel: Problèmes de réception

Autor: Humm, B.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-915468

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 13.07.2025

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

Problèmes de réception

Par B. Humm

621.391.81 : 629.783 : 621.396.7

1. Caractéristique du signal reçu par la station terrienne

Malgré le gain très élevé des antennes de stations terriennes du système INTELSAT (plus de 60 dB), le niveau des signaux reçus à l'entrée de la chaîne de réception est extrêmement bas. Par exemple, pour une porteuse de 252 voies émise dans un faisceau à couverture globale de la terre, le signal reçu est de ½ pW ($0{,}5 \cdot 10^{-12}$ W) environ. La puissance limitée dont on dispose à bord du satellite et la grande atténuation entre ce dernier et la terre ne sont pas les seules causes de la faiblesse du flux de puissance disponible. (La distance d'un satellite géostationnaire à la terre est de 36 000 km, ce qui représente à 4 GHz une atténuation de référence de 197 dB). Le compromis entre les produits d'intermodulation et le bruit de fond du trajet descendant constitue aussi une limitation importante de la puissance rayonnée par le satellite. La fig. 1 montre les courbes de rapports signal-à-densité de bruit pour les intermodulations, le bruit thermique et le bruit total en fonction de la puissance de sortie du tube à ondes progressives du satellite. Cette dernière courbe montre que le point optimum de la puissance d'émission se trouve à 11 dB en dessous de la puissance de saturation du tube. Comme les émetteurs du satellite amplifient en général plusieurs porteuses simultanément et compte tenu de leur puissance de saturation de 6 W, il ne reste donc que quelques dixième de W pour la puissance totale de toutes les porteuses ensembles.

Il est peut-être utile de rappeler que les satellites INTELSAT IV qui sont actuellement en service dans le système mondial de télécommunications par satellite INTELSAT comportant 12 chaînes de réception-transposition de fréquence-émission de 36 MHz de largeur de bande chacune.

La bande de fréquence totale reçue par les stations terriennes est de 500 MHz, entre 3,7 et 4,2 GHz. La fig. 2 montre la forme du signal en fonction de la fréquence. Aux deux extrémités, on voit les pilotes de surveillance de la chaîne de réception à faible bruit et à large bande. Ils ont respectivement des fréquences de 3702,5 et 4197,5 MHz et un niveau de –130 dBW, chacun à l'entrée de l'amplificateur paramétrique refroidi qui se trouve directement à la sortie de l'antenne.

Ce sont les conditions de qualité dans les voies téléphoniques qui fixent les caractéristiques minimums des porteuses à la réception. Pour les capacités les plus courantes de ces porteuses, (jusqu'à 252 voies), l'emploi de démodulateurs spéciaux, généralement à verrouillage de phase (phase lock), permet de gagner quelques dB lors de la démodulation, c'est-à-dire que les critères de qualité peuvent être atteint dans les voies téléphoniques avec un rapport porteuse-à-bruit en haute fréquence de quelques dB inférieur aux valeurs nécessaires lors de l'emploi de démodulateurs conventionnels. Ce rapport porteuse-à-bruit est une fonction de trois grandeurs, dont deux, la p.i.r.e. (puissance isotropique rayonnée équivalente) du satellite et les paramètres de modulation, sont des caractéristiques du système global et la troisième, le facteur de mérite du système de réception, ne dépend que des propriétés de la station terrienne.

Pour pouvoir participer au système INTELSAT à des conditions financières standards, le facteur de mérite de la station terrienne qui est, rappelons-le, le rapport du gain de l'antenne à la température de bruit du système de réception, doit être de 40,7 dB/K au minimum à la fréquence de 4 GHz et pour l'angle d'élévation de l'antenne correspondant à sa position de travail.

La température de bruit du système de réception est la somme de la température de bruit de l'antenne et de celle de la chaîne d'amplification à large bande.

La température de bruit de l'antenne ne dépend que très peu de son diamètre et vaut, pour l'angle d'élévation de 28° de l'axe principal, environ 30 K. Pour des raisons économiques, on a avantage à maintenir le gain de l'antenne, par conséquent son diamètre, le plus petit possible.

Evolution des amplificateurs paramétriques

Pour pouvoir atteindre le facteur de mérite imposé par l'INTELSAT, le principal souci des constructeurs de stations terriennes fut donc pendant longtemps de réduire la température de bruit de la chaîne de réception. Après les masers, les amplificateurs paramétriques firent leur apparition vers 1966.

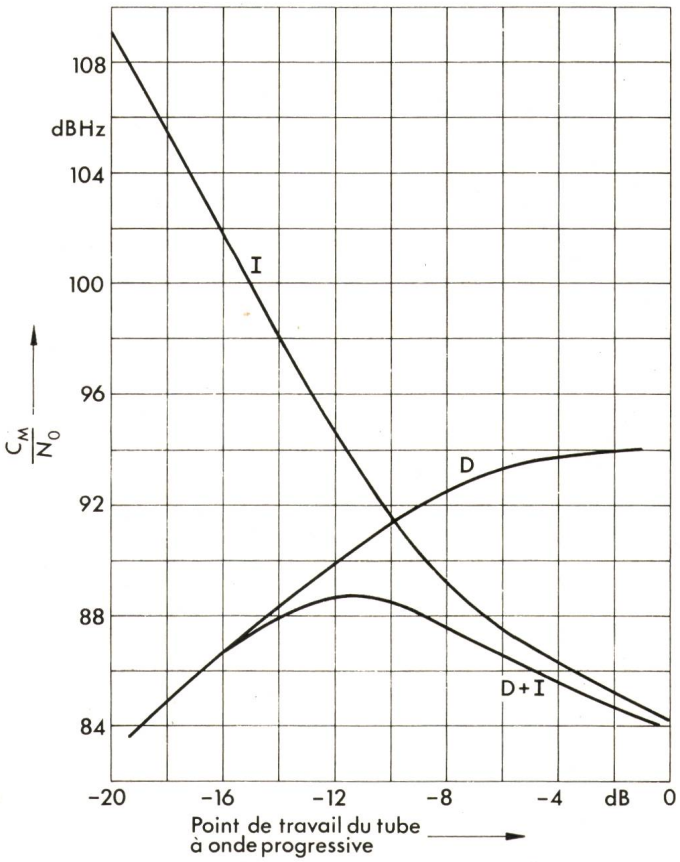

Fig. 1 Rapport signal-à-densité de bruit $\frac{C_M}{N_0}$ pour les intermodulations (I), le trajet descendant (D), et le bruit total (D+I) à la réception à la station terrienne, en fonction du point de travail du tube à onde progressive du satellite
(0 dB correspond à la puissance de saturation)

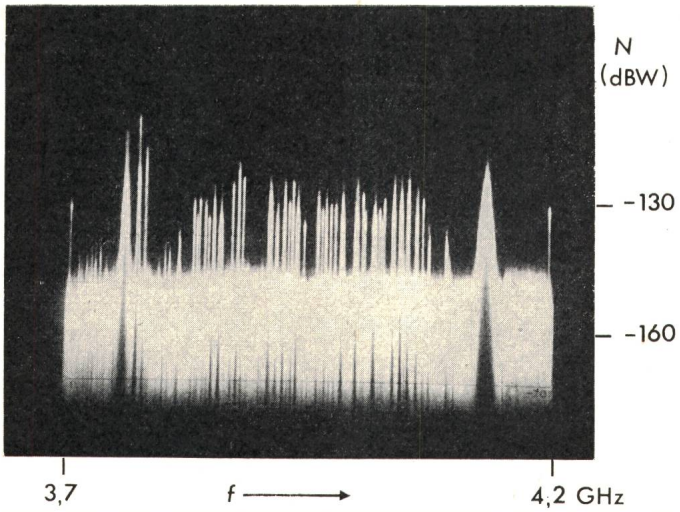

Fig. 2 Signaux émis par le satellite dans la bande de 3,7 à 4,2 GHz
N Niveaux des porteuses mesurés à la sortie de l'antenne de la station terrienne (dBW)
(Les signaux aux extrémités de la bande ne sont pas émis par le satellite mais sont injectés à la station terrienne et servent à surveillance des chaînes de réception)

Rappelons brièvement le principe de l'amplification paramétrique: en faisant varier périodiquement l'impédance d'un élément d'un circuit résonnant, ce dernier peut présenter, pour certaines fréquences, une résistance négative. On appelle fréquence de pompage la fréquence auxiliaire appliquée à l'élément à impédance variable, en général une diode varactor.

Jusqu'à 1972, le progrès technologique permit d'augmenter la fréquence de pompage de 15 à 35 GHz environ et simultanément de diminuer la température de bruit des amplificateurs paramétriques de 30 à 15 K. Mais pour atteindre ces valeurs, ils devaient être refroidis à une température physique de 15 K par un système cryogénique utilisant deux extensions d'hélium en série.

Actuellement, on trouve sur le marché des amplificateurs paramétriques avec des sources de pompage de plus de 60 GHz et qui atteignent des températures de bruit de moins de 55 K sans système de refroidissement. On trouve également un modèle refroidi par des éléments Peltier jusqu'à −40 °C qui a une température de bruit de 45 K.

Les progrès accomplis dans la fabrication des antennes permettent l'emploi de ces amplificateurs non refroidis en conservant le diamètre des antennes à 30 m, cependant, certaines firmes, pour garder une marge par rapport à la valeur imposée du facteur de mérite, utilisent des antennes de 32 m.

L'élimination du système cryogénique, bien que signifiant une diminution des performances, augmente la fiabilité des stations terriennes et en simplifie l'entretien.

L'abaissement de la température de bruit des amplificateurs paramétriques dépend avant tout du développement des sources de pompage et des diodes varactor. Des oscillateurs à 60 GHz à diodes gunn délivrant 40 mW peuvent être réalisés aujourd'hui, mais la température de la jonction de la diode étant trop élevée, leur fiabilité serait un peu douteuse. C'est pourquoi on préfère utiliser des oscillateurs à des fréquences plus basses et des multiplicateurs de fréquence.

La fig. 3 montre le schéma équivalent d'une diode varactor. Pour augmenter ses performances, il faut notamment:

- diminuer sa résistance en série R;
- augmenter la variation relative de la capacité $\Delta C_j/C_j$;
- diminuer l'inductance L et la capacité parasite C_p.

La diminution de R s'obtient, entre autres, en utilisant des diodes à jonction abrupte du type barrière de Schottky qui n'ont pas de zone de diffusion à haute résistivité. L'absence de zone de diffusion augmente aussi la variation relative de capacité.

Les grandeurs parasites L et C_P sont diminuées grâce à la miniaturisation de la diode. Certaines ont actuellement un diamètre inférieur au mm et une longueur de moins de 1,5 mm.

Brouillages

Le C.C.I.R. recommande, pour une liaison par satellite, que le bruit de fond dans les voies téléphoniques ne dépasse pas:

- 10 000 pW pendant plus de 50 % du temps;
- 50 000 pW pendant plus de 0,3 % du temps;
- 1 000 000 pW pendant plus de 0,03 % du temps.

La plus grande partie du bruit moyen est d'origine thermique et provient du trajet dans l'espace, en particulier du trajet descendant du signal. C'est ainsi que 7500 pW sont attribués aux démodulateurs; 1500 pW peuvent provenir du reste des chaînes d'émission ou de réception. La marge restante de 1000 pW peut être occupée par des perturbations en provenance des faisceaux hertziens qui travaillent dans les mêmes bandes de fréquences.

Le facteur de mérite de l'antenne est une garantie pour que les 7500 pW ne soient pas dépassés. Les propriétés directives de l'antenne aident à atténuer les effets perturbateurs de sources autres que le satellite.

La procédure de coordination entre les stations terriennes et les faisceaux hertziens avait été décrite au cours de la 32e journée HF de l'ASE. Les méthodes de calcul de propagation des ondes qui avaient alors été exposées, après avoir été appliquées au cas de la station de Loèche, ont pu être véri-

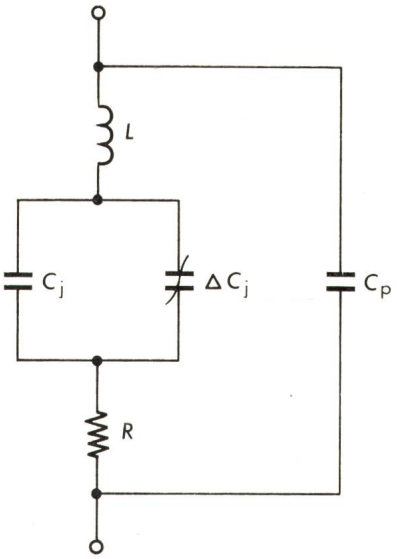

Fig. 3 Schéma équivalent d'une diode varactor
L inductivité
C_j capacité au point de travail
ΔC_j variation de la capacité
C_p capacité parasite
R résistance parasite

fiées quelques jours avant la mise en service au moyen de l'antenne et de la chaîne de réception. L'horizon complet et les directions des stations de faisceaux hertziens furent explorés systématiquement.

Comme l'on s'y attendait, les calculs de propagation donnèrent des résultats pessimistes; en l'occurrence, les atténuations calculées furent de 5 à 15 dB inférieures aux valeurs mesurées. Il est aussi intéressant de noter que dans un cas particulier de propagation par diffraction, la direction de la provenance des signaux fut trouvée à environ 10° à côté de la direction la plus directe. Cette anomalie provient du fait que pour la valeur mesurée une seule diffraction survenait, alors que pour le trajet selon le grand cercle deux diffractions successives doivent avoir lieu.

Pour 0,3 % du temps, le bruit thermique a encore une influence prépondérante parce que les démodulateurs à verrouillage de phase travaillent très près du seuil. La propagation par diffusion peut aussi occasionner des perturbations pour ce pourcentage du temps, mais le temps à disposition était insuffisant pour faire des mesures de ce type qui doivent durer plusieurs mois.

Pour 0,03 % du temps, ce sont les sauts de phase des démodulateurs et les parasites industriels qui sont avant tout responsables des perturbations. C'est aussi une des raisons pour lesquelles l'emplacement de la station a été choisi loin des centres industriels et des voies de chemin de fer.

Un autre type de perturbation était à craindre: les signaux des radioaltimètres de bord des avions de lignes, qui ont une fréquence centrale de 4,3 GHz et une déviation de ± 50 ou ± 70 MHz. Dans la position de travail, l'axe principal de l'antenne traverse en effet une voie aérienne. La bande passante de la chaîne ne stoppant pas de manière abrupte en dessus de 4,2 GHz, les signaux relativement forts des altimètres auraient éventuellement pu provoquer une saturation des derniers étages de la chaîne de réception à large bande. Des calculs d'intermodulations et de probabilité avaient montré que le niveau et la fréquence des perturbations dans les voies téléphoniques étaient inférieurs aux valeurs admises par le C.C.I.R. Cependant, une autre conséquence fâcheuse aurait pu survenir: la saturation des derniers étages à transistors aurait pu causer une diminution du niveau des pilotes de surveillance de la chaîne et, partant, une commutation de cette dernière sur celle de réserve.

Là aussi des calculs de probabilité avaient montré que la fréquence de ces commutations eût été du même ordre de grandeur que celle qui est observée dans des conditions normales d'exploitation.

Pour vérifier les effets d'un radioaltimètre, des essais ont été faits à l'aide d'un avion de mesure de l'Office fédéral de l'air. L'avion avait à bord un émetteur avec la même fréquence que celle émise par les satellites pour les systèmes de poursuite automatique des stations terriennes. La trajectoire de l'avion avait été fixée à l'avance et la position de l'antenne calculée par un petit ordinateur de table, en fonction de la position de l'avion, afin de faciliter l'acquisition de ce dernier par le système de poursuite automatique. L'avion put ainsi être poursuivi pendant environ 40 km. Pendant le déroulement de l'expérience, l'antenne passa par sa position de travail.

Les enregistrements des niveaux des pilotes de surveillance montrèrent qu'à aucun moment une diminution d'amplification n'est intervenue. Les lobes secondaires de l'antenne du radioaltimètre étaient plus faibles que supposé dans les calculs théoriques. Les commutations redoutées n'eurent donc pas lieu.

Un type de brouillage apparaît lorsque, pour la station terrienne, le satellite et le soleil se trouvent en conjonction. Deux fois par année, pendant quatre ou cinq jours de suite, la température de bruit de l'antenne atteint alors jusqu'à 90 000 K pour quelques minutes et les liaisons sont interrompues.

Adresse de l'auteur:
B. Humm, ing. dipl., Direction Générale des PTT, 3000 Berne 33.

Commission Electrotechnique Internationale (CEI)

Sitzungen der SC 23E, Disjoncteurs et appareillage similaire pour usage domestique, und SC 23F, Dispositifs de connexion, vom 27. Juni bis 1. Juli 1974 in Brüssel

SC 23E, Disjoncteurs et appareillage similaire pour usage domestique

Das SC 23E befasste sich am 27. und 28. Juni 1974 mit Problemen der Leistungsschalter und behandelte folgende Dokumente:

23E(Secretariat)9, Proposals and Considerations of Working Group 1 on the denomination of circuit-breakers with reference to characteristic currents defining their tripping characteristic for the protection of conductors against overload.

23E(Secretariat)10, Recommendation for circuit-breakers for domestic and similar installations.

Nach längerer Diskussion wurde beschlossen, die Leitungsschutzschalter mit nur einem einzigen Strom-Referenzwert zu kennzeichnen, dem Conventional non-tripping current I_{nt}. Dies ist der Strom, bei welchem der Schalter innerhalb von 1 h (für $I_{nt} \leqq 82$ A) bzw. 2 h (für $I_{nt} > 82$ A) nicht auslösen darf. (Entspricht ungefähr dem «kleineren Prüfstrom» gemäss CEE-Publ. 19). Die Werte für I_{nt} wurden in Übereinstimmung mit dem Conventional non-fusing-current I_{nf} (von Sicherungen) gemäss CEI-Publ. 269-1 festgelegt.

Um die Auslösecharakteristik zu fixieren, wird noch ein zweiter Prüfstrom, der Conventional tripping current I_{tr}, festgehalten. Das ist der Strom, bei welchem nach vorangegangener Belastung mit I_{nt} der Schalter innerhalb 1 h auslösen muss. (Entspricht ungefähr dem «grösseren Prüfstrom» gemäss CEE-Publ. 19). Das Verhältnis I_{tr}/I_{nt} wurde auf 1,28 festgelegt. Diese Empfehlung soll Gültigkeit haben für I_{nt}-Werte bis 130 A und Nennspannungen bis 500 V.

Es wurde entschieden, den Leitungsschutzschalter mit dem Symbol der Momentauslösung zu bezeichnen, gefolgt vom entsprechenden, gerundeten I_{nt}-Wert, z. B. L-22. Es bleibt den Nationalkomitees überlassen, nebst dem I_{nt}-Wert noch einen weiteren charakteristischen Stromwert anzugeben, z. B. einen Nennstrom I_e. Dieser kann vorläufig, d. h. bis die Arbeit des CE 64 weiter fortgeschritten ist, auf nationalen Installationsvorschriften basieren.

Ein Vorschlag, bei der Prüfung der Schaltleistung zwischen den untersten beiden Strom-Stufen des KS-Abschaltvermögens eine weitere, z. B. 2000 A einzuführen, wurde abgelehnt.