Satellitenempfang (8)

Ausgehend von dem Aufbau eines Satellitensystems und der Ausrichtung von Antennen befasst sich dieser Beitrag mit den Qualitätskriterien eines LNCs.

Qualitätskriterien eines LNCs

Ein LNC hat eine Reihe von Eigenschaften, die ihn qualitativ beschreiben: Verstärkung, Intermodulation, Ausgangspegel, Frequenzstabilität, Temperaturverhalten, Kreuzpolarisationsentkopplung, Wetterfestigkeit, Leistungsaufnahme, usw.

Rauschzahl

Eine besondere Rolle spielt die Rauschzahl *NF* (Noise Figure). Ganz allgemein ist die Rauschzahl ein Maß für das Rauschen, welches ein Vierpol dem von ihm verarbeiteten Signal hinzufügt.

$$NF = 10 \cdot \log \left[\frac{\left(\frac{S}{N}\right)_{in}}{\left(\frac{S}{N}\right)_{out}} \right] \quad (1)$$

NF Rauschzahl [dB]

$\left(\frac{S}{N}\right)_{in}$ Verhältnis Nutzsignal zum Rauschsignal am Eingang

$\left(\frac{S}{N}\right)_{out}$ Verhältnis Nutzsignal zum Rauschsignal am Ausgang

Das Rauschen eines LNCs lässt sich auch über die äquivalente Rauschtemperatur definieren, auf der sich ein beliebiger ohmscher Widerstand befinden müsste, um die gleiche thermische Rauschleistung wie der LNC zu erzeugen.

$$NF = 10 \cdot \log \left(\frac{290\ \text{K} + T}{290\ \text{K}} \right) \quad (2)$$

NF Rauschzahl [dB]

T äquivalente Rauschtemperatur [K]

Bild ❶ zeigt die Aussage von Gleichung (2) in grafischer Form. Gute LNC haben eine Rauschzahl kleiner 1 dB (entsprechend einer Rauschtemperatur von 75 K). Rauschzahlen unter 0,3 dB sind unrealistisch.

Träger-Rausch-Verhältnis

Das vom LNC in der 1. Satelliten-Zwischenfrequenz abgegebene Signal lässt sich durch das Träger-Rausch-Verhältnis *C/N* (Carrier to Noise, auch CNR: Carrier to Noise Ratio) beschreiben. Als logarithmisches Maß in dB wird das *C/N* gemäß Gleichung (3) innerhalb der Bandbreite eines Transponders definiert.

$$C/N = 10 \cdot \log \left(\frac{\text{effektive Trägerleistung}}{\text{effektive Rauschleistung}} \right)$$

$$C/N = 20 \cdot \log \left(\frac{\text{effektive Trägeramplitude}}{\text{effektive Rauschamplitude}} \right)$$

C/N Träger-Rausch-Verhältnis (db) (3)

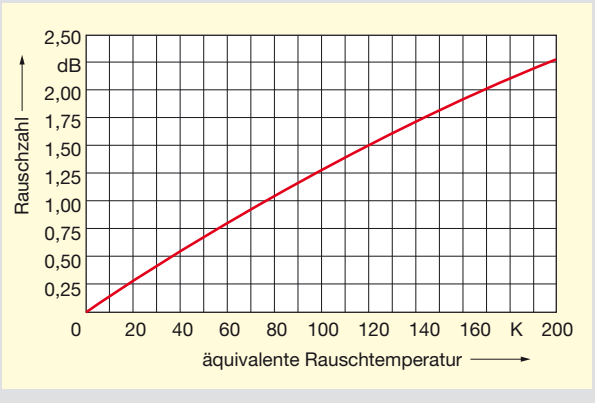
Man kann das Träger-Rausch-Verhältnis *C/N* eines Transponders näherungsweise messen, indem man das unlogarithmierte Verhältnis aus der Leistung des Trägers einschließlich überlagertem Rauschen ($C + N)_{lin}$ zur Rauschleistung des unbelegten Kanals N_{lin} bildet. Letztere erhält man durch Wegdrehen der Antenne in signalfreie Raumbereiche neben der Satellitenposition. Eigentlich misst man so

$(C + N)_{lin}/N_{lin} = (C/N)_{lin} + 1,$

aber mit zunehmendem $(C/N)_{lin}$ gilt mit abnehmendem Fehler Δ:

$(C/N)_{lin} + 1 \sim (C/N)_{lin}.$

Bei einem C/N von 5 dB beträgt der Fehler Δ = 1,19 dB, bei *C/N* = 10 dB ist Δ = 0,41 dB und bei *C/N* = 15 dB beträgt Δ = 0,13 dB. Für ein typisches Signal aus der Astra-Position 19,2° Ost ergeben sich abhängig von der Antenne und dem LNB typische *C/N*-Werte zwischen 10 und 15 dB.



❶ Zusammenhang zwischen Rauschzahl und Rauschtemperatur

Gütefaktor G/T

Ein weiteres wichtiges Maß zur Beschreibung der Qualität der gesamten Empfangsanlage ist der Gütefaktor *G/T* (Gain over Temperature) in dB/K (gesprochen dB pro Kelvin).

$$G/T = \left(G - 10 \cdot \log T_{System}\right) \quad (4)$$

G/T Gütefaktor [dB/K]

G Antennengewinn [dB]

T_{System} Systemrauschtemperatur [K]

Die Systemrauschtemperatur setzt sich zusammen aus den Einzelrauschbeiträgen aller Glieder der Übertragungskette von der Antenne bis zum Fernsehbildschirm bei der herrschenden Umgebungstemperatur (typisch 290 K = 17 °C). Allerdings kann man die Rauschanteile aktiver Komponenten im Verteilnetz sowie des Receivers getrost vernachlässigen, weil am Ausgang des LNCs der Nutzpegel bereits so stark angehoben ist, dass die Rauschbeiträge nachfolgender Glieder der Übertragungskette keinen nennenswerten Einfluss auf den Gütefaktor haben.

$$T_{System} = T_{Antenne} + T_{Hohlleiter} + T_{LNC} \quad (5)$$

T_{System} Systemrauschtemperatur

$T_{Antenne}$ Rauschtemperatur der Antenne

$$T_{Hohlleiter} = T_{Umgebung} \left(1 - 10^{\frac{-a_{Hohlleiter}}{10}} \right)$$

mit $a_{Hohlleiter}$ als Dämpfung des Hohlleiterabschnitts zwischen Feed und Auskoppelsonden

$$T_{LCN} = T_{Umgebung} \left(10^{\frac{NF}{10}} - 1 \right)$$

mit *NF* als LCN-Rauschzahl

Während sich LNC- und Hohlleiterrauschen aus den Kennwerten der Hersteller recht einfach berechnen lassen, kann man das Antennenrauschen nur näherungsweise Tabellen oder Kurven entnehmen. Die Rauschtemperatur der Antenne ist nämlich ein Maß für die von der Antenne aufgenommene Rauschleistung. Sie verringert sich mit wachsendem Erhebungswinkel, weil dann das über die Nebenkeulen aufgenommene Rauschen der „heißen" Erde zugunsten des „kalten" Weltalls abnimmt (siehe Bild ❶ in [6]).

K. Jungk

Fortsetzung ep LERNEN & KÖNNEN

Eine Antenne – mehrere Satelliten