



Doctoral Thesis

Das Rauschverhalten von Transistor-Verstärkerstufen im Frequenzbereich von 25-1000 MHz

Author(s):

Suter, Edgar

Publication Date:

1963

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000088711> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Prom. Nr. 3368

**Das Rauschverhalten
von Transistor-Verstärkerstufen
im Frequenzbereich von
25-1000 MHz**

Von der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN
HOCHSCHULE IN ZÜRICH

zur Erlangung
der Würde eines Doktors der technischen Wissenschaften
genehmigte

PROMOTIONSARBEIT

vorgelegt von
EDGAR SUTER
dipl. El.-Ing. E. T. H.
von Sins (Kt. Aargau)

Referent: Herr Prof. Dr. M. J. O. Strutt
Korreferent: Herr Prof. Dr. F. Borgnis

Juris-Verlag Zürich
1963

1. EINLEITUNG

Zur Beurteilung der Verstärkereigenschaften eines linearen Vierpols bei kleinen Signalgrößen wird üblicherweise die Rauschzahl F als charakteristische Grösse benützt. Dieser Faktor F gibt an, um wieviel höher die wirkliche Ausgangsrauschleistung des Vierpols ist, als die vom Quellenwiderstand herrührende, im entsprechenden rauschfreien Vierpol verstärkte Rauschleistung sein würde. Diese Zahl kann formelmässig auf verschiedene Arten ausgedrückt werden; die einzelnen Definitionen sind unter sich jedoch völlig gleichwertig.

1.1 Definitionen der Rauschzahl

Die formelmässig einfachste Definition der Rauschzahl F ist die: das Verhältnis der gesamten gemessenen Rauschleistung P_{RA} am Ausgang des Vierpols zur Ausgangsrauschleistung P_{RoA} gemessen unter gleichen Bedingungen, die als Ursache die im Quellenwiderstand R_O des Signalgenerators thermisch erzeugte Rauschleistung hat.

$$F = \frac{P_{RA}}{P_{RoA}} \quad (1)$$

Eine andere, häufig verwendete Definition ist:

$$F = \frac{P_{RA}}{g k T_O \Delta f} \quad (2)$$

worin bedeutet:

- P_{RA} : verfügbare Rauschleistung am Ausgang des Vierpols
- g : Leistungsgewinn des Vierpols, definiert als Verhältnis der verfügbaren Leistung am Ausgang zur verfügbaren Leistung am Eingang.
- k : Boltzmann'sche Konstante $1,38 \cdot 10^{-23}$ Joule/Grad K.
- T_O : absolute Temperatur des Quellenwiderstandes R_O .
- Δf : Frequenzintervall um die Messfrequenz f herum, definiert als
$$\Delta f = \int \frac{E}{g_O} df.$$

Das mittlere Quadrat der Leerlaufrauschspannung an den Klemmen von R_0 beträgt $\bar{u}_r^2 = 4 k T_0 R_0 \Delta f$. Die als Folge davon an den Vierpoleingang abgegebene Rauschleistung (verfügbare Rauschleistung) beträgt maximal $k T_0 \Delta f$. Am Ausgang des entsprechenden rauschfreien Vierpols tritt deshalb die verfügbare Leistung $P_{ROA} = g k T_0 \Delta f$ auf.

Es ist zu beachten, dass eine Uebereinstimmung mit Formel (1) nur besteht, wenn die Temperatur des Quellenwiderstandes die gleiche wie die des Verstärkers ist. Ist dies nicht der Fall, d. h. besitzt R_0 die absolute Temperatur T_E , so gilt:

$$P'_{ROA} = g k T_E \Delta f \quad (2a)$$

Die Rauschzahl F' wird unter obiger Voraussetzung mit dem Verhältnis der Temperaturen multipliziert:

$$F' = \frac{T_E}{T_0} \cdot F \quad (2b)$$

Als weitere Definition können wir die Verhältnisse von verfügbarer Signal- zu verfügbarer Rauschleistung am Eingang und am Ausgang betrachten.

$$F = \frac{\frac{P_{\text{Sig EIN}}}{P_{\text{R EIN}}}}{\frac{P_{\text{Sig AUS}}}{P_{\text{R AUS}}}} \quad (3)$$

1.2 Messmethoden

1.2.1 Messung mit R_0

Die einfachste Art, F zu bestimmen benützt die Formel (2). Bei dem eingangsseitig mit R_0 abgeschlossenen Vierpol misst man am Ausgang die Rauschleistung P_{RA} . Wenn Δf und g bekannt sind, so lässt sich F bestimmen. Allerdings setzt das voraus, dass sich diese Parameter während der Messung nicht ändern; zudem geht die Genauigkeit, mit der sie gemessen wurden, in jene von F ein.