

Übertragungssysteme und Vierpole

Spezielle Dämpfungsmaße

DIN
40148
Blatt 3

Transmission systems and two-ports; measures for attenuation

Häufig wird statt der Benennung „Dämpfungsmaß“ die Benennung „Dämpfung“ benutzt; dies ist nicht korrekt, da Dämpfung einen Vorgang und keine Größe darstellt.

Die bei den Formelzeichen für die speziellen Größen hier verwendeten Indizes sind nur Beispiele.

1. Spezielle Dämpfungsmaße bei Vierpolen

1.1. Wellendämpfungsmaß

Siehe DIN 40148 Blatt 1, Ausgabe September 1966, Abschnitt 7.

1.2. Betriebsdämpfungsmaß

Siehe DIN 40148 Blatt 1, Ausgabe September 1966, Abschnitt 6.

1.3. Einfügungsdämpfungsmaß

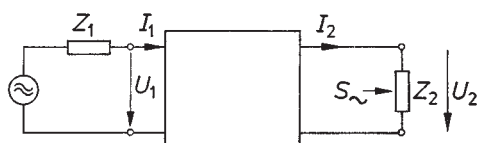


Bild 1

Ist eine Quelle mit dem Innenwiderstand Z_1 mit einem Empfänger mit dem Widerstand Z_2 über einen beliebigen Vierpol verbunden (siehe Bild 1), so ist das komplexe Einfügungsdämpfungsmaß $g_{in} = a_{in} + j b_{in}$ der halbe natürliche Logarithmus des Verhältnisses der Wechselleistungen $S_{\sim 0}/S_{\sim}$, wenn $S_{\sim 0} = (U_2 I_2)_0$ die ohne, $S_{\sim} = U_2 I_2$ die mit Vierpol vom Empfänger aufgenommenen Wechselleistungen (siehe DIN 40110) sind:

$$g_{in} = \frac{1}{2} \ln \frac{S_{\sim 0}}{S_{\sim}} \quad (1)$$

Anmerkung: Der Realteil a_{in} der durch Gleichung (1) definierten komplexen Zahl g_{in} ist nach DIN 5493, Ausgabe September 1966, Abschnitt 2.2.1, eine logarithmierte Verhältnissgröße. Das Kurzzeichen Np für Neper kann hinzugesetzt werden:

$$a_{in} = \frac{1}{2} \ln \left| \frac{S_{\sim 0}}{S_{\sim}} \right| \text{ Np} \quad (1a)$$

Man erhält das Einfügungsdämpfungsmaß in Dezibel (dB), indem man in der Gleichung (1a)

$$\frac{1}{2} \ln \left| \frac{S_{\sim 0}}{S_{\sim}} \right| \text{ Np} \text{ ersetzt durch } 10 \lg \left| \frac{S_{\sim 0}}{S_{\sim}} \right| \text{ dB,}$$

oder die Beziehung $1 \text{ dB} = \frac{\ln 10}{20} \approx 0,1151 \text{ Np}$ benutzt.

Es ist also auch

$$a_{in} = 10 \lg \left| \frac{S_{\sim 0}}{S_{\sim}} \right| \text{ dB} \quad (1b)$$

Das negative komplexe Einfügungsdämpfungsmaß wird — besonders bei Verstärkern — komplexes Einfügungsverstärkungsmaß genannt. Der Zusammen-

hang des komplexen Einfügungsdämpfungsmaßes g_{in} mit dem komplexen Betriebsdämpfungsmaß g_B (siehe DIN 40148 Blatt 1, Ausgabe September 1966, Abschnitt 6) ist gegeben durch die Beziehung

$$g_{in} = g_B - \ln \frac{Z_1 + Z_2}{2 \sqrt{Z_1 Z_2}} \quad (2)$$

Für gleiche Widerstände ($Z_1 = Z_2$) ist das komplexe Einfügungsdämpfungsmaß gleich dem komplexen Betriebsdämpfungsmaß.

1.4. Wirkdämpfungsmaß

Das Wirkdämpfungsmaß ist definiert als der halbe natürliche Logarithmus des Leistungsverhältnisses P_{max}/P_{2w} , wobei P_{max} die größte Wirkleistung ist, die der Sender mit dem Innenwiderstand Z_1 (bei Leistungsanpassung) abgeben kann, und P_{2w} die wirklich an Z_2 mit zwischengeschaltetem Vierpol abgegebene Wirkleistung. Das negative Wirkdämpfungsmaß wird — besonders bei Verstärkern — Wirkverstärkungsmaß genannt.

Für reelle Widerstände Z_1 und Z_2 ist das Wirkdämpfungsmaß gleich dem Betriebsdämpfungsmaß.

2. Dämpfungsmaße zur Charakterisierung von Reflexionsstellen

2.1. Betriebsreflexionsdämpfungsmaß (Fehlerdämpfungsmaß, Anpassungsdämpfungsmaß), Echodämpfungsmaß (Rückflußdämpfungsmaß)

Wenn eine Spannungsquelle mit dem Innenwiderstand Z_1 mit einem von Z_1 abweichenden Widerstand Z_2 abgeschlossen ist (siehe Bild 2), dann kann man im eingeschwungenen Zustand Spannung U und Strom I an der Schnittstelle B durch die Überlagerung einer ankomen-

den Welle $\left(\frac{U_0}{2} = U_a, \frac{U_0}{2Z_1} = I_a\right)$ und einer an Z_2 reflektierten Welle (U_r, I_r) darstellen:

$$U = U_a + U_r \quad \text{und} \quad I = I_a + I_r \quad (3)$$

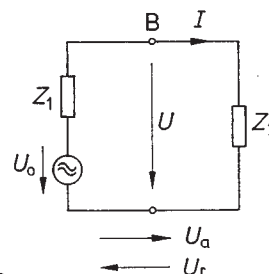


Bild 2

Fortsetzung Seite 2 bis 4

Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen (AEF) im Deutschen Normenausschuß (DNA)

Das Verhältnis der Spannung U_r der an Z_2 reflektierten Welle zur Spannung U_a der ankommenden Welle wird Betriebsreflexionsfaktor r genannt:

$$r = \frac{U_r}{U_a} = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} = \frac{I_r}{I_a} \quad (4)$$

Das zugehörige komplexe Dämpfungsmaß ist

$$g_r = a_r + jb_r = \ln \frac{1}{r} \quad (5)$$

Der reelle Teil

$$\begin{aligned} a_r &= \ln \left| \frac{1}{r} \right| = \ln \left| \frac{Z_2 + Z_1}{Z_2 - Z_1} \right| \text{Np} = \\ &= 20 \lg \left| \frac{Z_2 + Z_1}{Z_2 - Z_1} \right| \text{dB} \end{aligned} \quad (6)$$

heißt Betriebsreflexionsdämpfungsmaß.

Anmerkung: Das Betriebsreflexionsdämpfungsmaß wird auch Fehlerdämpfungsmaß oder Anpassungsdämpfungsmaß genannt.

Im Falle eines längsunsymmetrischen Vierpols (siehe DIN 40148 Blatt 2) mit den Wellenwiderständen Z_{w1} und Z_{w2} und dem komplexen Wellendämpfungsmaß g_w , der zwischen einem Quellenwiderstand Z_1 und einem Abschlußwiderstand Z_2 liegt (siehe Bild 3), sind folgende Reflexionsfaktoren am Eingang und Ausgang definiert:

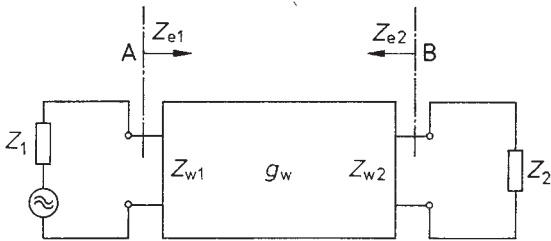


Bild 3

Wellenreflexionsfaktoren

$$r_1 = \frac{Z_1 - Z_{w1}}{Z_1 + Z_{w1}} \quad \text{und} \quad r_2 = \frac{Z_2 - Z_{w2}}{Z_2 + Z_{w2}} \quad (7)$$

Echofaktoren

$$r_{E1} = \frac{Z_{e1} - Z_{w1}}{Z_{e1} + Z_{w1}} \quad \text{und} \quad r_{E2} = \frac{Z_{e2} - Z_{w2}}{Z_{e2} + Z_{w2}} \quad (8)$$

Hierin bedeuten:

Z_{e1} und Z_{e2} Eingangs- und Ausgangswiderstände des Vierpols.

Die zugehörigen komplexen Echodämpfungsmaße am Vierpoleingang und Vierpolausgang sind

$$g_{E1} = \ln \frac{1}{r_{E1}} \quad \text{und} \quad g_{E2} = \ln \frac{1}{r_{E2}} \quad (9)$$

Echo- und Wellenreflexionsfaktoren sind verknüpft durch den Fehlersatz

$$r_{E1} = r_2 \cdot e^{-2g_w} \quad \text{und} \quad r_{E2} = r_1 \cdot e^{-2g_w} \quad (10)$$

Aus den Gleichungen (9), (10) und (5) ergeben sich für die zugehörigen komplexen Dämpfungsmaße die Beziehungen

$$g_{E1} = g_{r2} + 2g_w \quad \text{und} \quad g_{E2} = g_{r1} + 2g_w \quad (11)$$

Anmerkung: Das Echodämpfungsmaß wird auch Rückflußdämpfungsmaß genannt.

2.2. Stoßdämpfungsmaß

Das komplexe Betriebsdämpfungsmaß der Schaltung in Bild 2 kann auch als komplexes Stoßdämpfungsmaß g_s an der Stoßstelle B aufgefaßt werden:

$$g_s = \ln \frac{Z_1 + Z_2}{2\sqrt{Z_1 \cdot Z_2}} \quad (12)$$

Im Falle eines fehlangepaßten unsymmetrischen Vierpols, wie in Bild 3, treten an den Stoßstellen A und B die komplexen Stoßdämpfungsmaße

$$g_{s1} = \ln \frac{Z_1 + Z_{w1}}{2\sqrt{Z_1 \cdot Z_{w1}}} \quad \text{und} \quad g_{s2} = \ln \frac{Z_2 + Z_{w2}}{2\sqrt{Z_2 \cdot Z_{w2}}} \quad (13)$$

auf.

2.3. Wechselwirkungsmaß

Eine Welle, die einen beidseitig fehlangepaßten Vierpol (siehe Bild 3) durchläuft, erfährt außer der Eingangs- und Ausgangsstoßdämpfung nach Gleichung (13) und der Wellendämpfung eine Dämpfung durch Mehrfachreflexionen zwischen Eingang und Ausgang. Das der Mehrfachreflexion entsprechende Dämpfungsmaß ist das komplexe Wechselwirkungsmaß

$$g_{ww} = \ln (1 - r_1 r_2 \cdot e^{-2g_w}) \quad (14)$$

Hierin bedeuten:

r_1 und r_2 die Wellenreflexionsfaktoren nach Gleichung (7).

Die Summe der vier komplexen Dämpfungsmaße ergibt das komplexe Betriebsdämpfungsmaß in Gleichung (17) von DIN 40148 Blatt 1, Ausgabe September 1966:

$$g_B = g_w + g_{s1} + g_{s2} + g_{ww} \quad (15)$$

3. Dämpfungsmaße in gekoppelten elektrischen Stromkreisen

3.1. Nebensprechdämpfungsmaß

Das Nebensprechdämpfungsmaß ist das Betriebsdämpfungsmaß zwischen zwei definierten Orten zweier gekoppelter Leitungen mit spezifizierten Abschlußwiderständen. In Bild 4 bedeuten ① und ② zwei Leitungen (oder allgemein zwei Vierpole). Wirkt am Eingang der Leitung ① eine Wechselspannung U_1 , so kann (infolge von Kopplungen zwischen den Leitungen) in Leitung ② sowohl am gleichen Ort eine störende Wechselspannung U_{2n} als auch am fernen Ort eine störende Wechselspannung U_{2f} auftreten. Die erstere bestimmt das Nahnebensprechdämpfungsmaß a_n , die letztere das Fernnebensprechdämpfungsmaß a_f .

Anmerkung: Das Nebensprechdämpfungsmaß wird auch Koppeldämpfungsmaß genannt.