

Übertragungssysteme und Zweitore

Begriffe und Größen

DIN
40 148
Teil 1

Transmissionsystems and twoports; concepts and quantities

Die Festlegungen dieser Norm beziehen sich auf vollständige Signalübertragungssysteme und auf elektrische Zweitore (Vierpole), die Teile eines Übertragungssystems sind. Wenn eine bestimmte Richtung des Energieflusses betrachtet wird, werden die beiden Tore durch die Benennungen Eingangsklemmen, Eingangstor, und Ausgangsklemmen, Ausgangstor, oder auch durch Eingang und Ausgang unterschieden. In dem Teil 1, Teil 2 und Teil 3 dieser Norm werden Systeme vorausgesetzt, die als linear und zeitinvariant betrachtet werden können.

Hinsichtlich allgemeiner Festlegungen und Benennungen wird besonders auf den Abschnitt „Weitere Normen“ hingewiesen.

1 Kennzeichnung der Eingangs- und Ausgangsgrößen

Eingangs- und Ausgangsgrößen werden durch die Indizes 1 und 2 unterschieden. Die Eingangs- und Ausgangsgrößen werden als komplexe Wechselgrößen dargestellt. Für diese sind in dieser Norm die Formelzeichen der betreffenden Größen ohne besondere Kennzeichnung als komplexe Größen verwendet. Konjugiert komplexe Größen sind durch einen Stern gekennzeichnet.

Bei einem Schallübertragungssystem (siehe Bild 1) ist also z. B. p_1 der komplexe Schalldruck am Eingang, p_2 der komplexe Schalldruck am Ausgang.

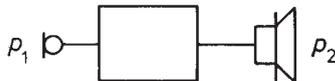


Bild 1. Schallübertragungssystem

Bei einem elektrischen Zweitor (Vierpol) (siehe Bild 2) ist z. B. U_1 die komplexe Eingangswchselspannung, U_2 die komplexe Ausgangswchselspannung, I_1 der komplexe Eingangswchselstrom, I_2 der komplexe Ausgangswchselstrom.

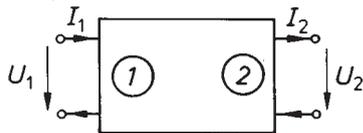


Bild 2. Elektrisches Zweitor: Kettenbezugspfeile

Müssen zwei Eingangsgrößen gleicher Art unterschieden werden, z. B. zwei Spannungen, dann können zur Kennzeichnung entweder die arabischen Ziffern 1 und 2 oder die römischen Ziffern I und II mit Doppelindizes verwendet werden, z. B.

Eingangsgrößen: U_{11}, U_{12} oder U_{1I}, U_{1II} ,

Ausgangsgrößen: U_{21}, U_{22} oder U_{2I}, U_{2II} .

In dieser Norm ist allgemein die komplexe Eingangsgröße mit S_1 , die komplexe Ausgangsgröße mit S_2 bezeichnet. S_1 und S_2 stellen also die komplexen Wechselgrößen im eingeschwungenen Zustand dar (siehe DIN 5475 Teil 1).

2 Bezugspfeile von Spannungen und Strömen

Bei elektrischen Zweitoren werden die Bezugsrichtungen von Spannungen und Strömen entweder wie in Bild 3 festgelegt, symmetrische Bezugspfeile, oder wie in Bild 2, Kettenbezugspfeile.

Bei symmetrischen Bezugspfeilen geben die Realteile von $U_1 I_1^*$ und $U_2 I_2^*$ die von den Toren aufgenommenen Wirkleistungen an. Bei Kettenbezugspfeilen ist $\text{Re } U_1 I_1^*$ die von Tor 1 aufgenommene Wirkleistung, $\text{Re } U_2 I_2^*$ die von Tor 2 abgegebene Wirkleistung (U und I sind hier komplexe Effektivwerte).

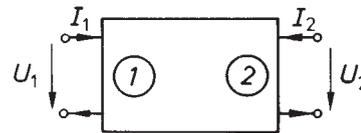


Bild 3. Elektrisches Zweitor: symmetrische Bezugspfeile

3 Übertragungsfaktor

Das Verhältnis der Ausgangsgröße S_2 zur Eingangsgröße S_1 wird (komplexer) Übertragungsfaktor oder – besonders bei Verstärkern – (komplexer) Verstärkungsfaktor genannt:

$$T = \frac{S_2}{S_1} = |T| e^{j \text{arc } T} \quad (1)$$

Die Eingangs- und Ausgangsgrößen S_1 und S_2 können ungleichartig oder gleichartig sein. Wenn die Verschiedenartigkeit der beiden Größen besonders zum Ausdruck gebracht werden soll, kann T auch Übertragungskoeffizient oder Verstärkungskoeffizient

Fortsetzung Seite 2 bis 4

Normenausschuß Einheiten und Formelgrößen (AEF) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

genannt werden. Ist die Ausgangsgröße eine Spannung oder ein Strom, die Eingangsgröße ein Strom bzw. eine Spannung, so kann T Übertragungswiderstand (Übertragungsimpedanz) bzw. Übertragungsleitwert (Übertragungsadmittanz) genannt werden.

Bei gleichartigen Eingangs- und Ausgangsgrößen dürfen zur näheren Kennzeichnung der Größen Zusätze verwendet werden, z. B. Spannungsübertragungsfaktor, Spannungsverstärkungsfaktor, Leistungsverstärkungsfaktor.

Der Übertragungsfaktor ist im allgemeinen komplex und hängt von der Frequenz ab. Soll diese Abhängigkeit besonders ausgedrückt werden, dann spricht man auch von Übertragungsfunktion.

Anstelle des Formelzeichens T kann nach DIN 1344 auch das Formelzeichen H benutzt werden.

4 Dämpfungsfaktor

Das Verhältnis der Eingangsgröße zur Ausgangsgröße wird (komplexer) Dämpfungsfaktor genannt:

$$D = \frac{S_1}{S_2} = |D| e^{j \text{arc } D} = \frac{1}{T}. \quad (2)$$

Soll die Frequenzabhängigkeit des Dämpfungsfaktors besonders ausgedrückt werden, dann spricht man auch von Dämpfungsfunktion. Ebenso wie beim Übertragungsfaktor dürfen zur näheren Kennzeichnung Zusätze verwendet werden, z. B. Spannungsdämpfungsfaktor.

5 Übertragungsmaß, Dämpfungsmaß

S_1 und S_2 seien gleichartige Größen, von denen die Leistung quadratisch abhängt, z. B. Spannungen, Stromstärken, Schalldrücke. Dann ergibt der Logarithmus des Übertragungsfaktors das komplexe Übertragungsmaß, der Logarithmus des Dämpfungsfaktors das komplexe Dämpfungsmaß (dieses entspricht in der IEC-Publikation 27-2 dem „exposant de transfer“ bzw. dem „transfer exponent“ T , siehe auch DIN 1344 und DIN 5493).

Das komplexe Dämpfungsmaß wird bei Verwendung des natürlichen Logarithmus:

$$g = a + jb = \ln D = -\ln T, \quad (3)$$

also

$$\begin{aligned} g &= a + jb = \ln(|D| e^{j \text{arc } D}) \\ &= \ln|D| + j \text{arc } D \\ &= \ln \frac{1}{|T| e^{j \text{arc } T}} = -\ln|T| - j \text{arc } T. \end{aligned} \quad (4)$$

Der Realteil

$$a = \ln|D| = -\ln|T| \quad (5)$$

wird Dämpfungsmaß genannt, der Imaginärteil

$$b = \text{arc } D = -\text{arc } T \quad (6)$$

ist das Phasenmaß (auch Dämpfungswinkel genannt) und gleich dem Winkel des komplexen Dämpfungsfaktors.

Es gilt auch

$$D = |D| e^{jb} \quad (7)$$

mit dem Betrag des komplexen Dämpfungsfaktors

$$|D| = e^a. \quad (8)$$

Gibt man das Dämpfungsmaß gemäß Gl. (5) an, so kann man dies dadurch betonen, daß man das Kurzzeichen N_p (gesprochen Neper) dahinter setzt:

$$a = \ln|D| N_p. \quad (9)$$

Will man dagegen das Dämpfungsmaß unter Benutzung des 10fachen dekadischen Logarithmus des Quadrates des Dämpfungsfaktors angeben, so muß das Kurzzeichen dB (gesprochen Dezibel) dahinter gesetzt werden:

$$a = 20 \lg|D| \text{ dB}. \quad (10)$$

Zur Umrechnung können folgende Beziehungen benutzt werden:

$$1 \text{ dB} = \frac{\ln 10}{20} N_p \approx 0,1151 N_p,$$

$$1 N_p = 20 \lg e \text{ dB} \approx 8,686 \text{ dB}.$$

Die Gl. (6) gibt das Phasenmaß in der Einheit Radiant an; dies kann dadurch betont werden, daß das Einheitenzeichen rad dahinter gesetzt wird. Will man das Phasenmaß in einer vom Vollwinkel ausgehenden Einheit ausdrücken (z. B. Grad, siehe DIN 1315), so muß das entsprechende Einheitenzeichen angegeben werden.

Das komplexe Übertragungsmaß (komplexe Verstärkungsmaß) ist bei Verwendung des natürlichen Logarithmus entsprechend

$$-g = -a - jb = \ln T \quad (11)$$

mit dem Übertragungsmaß (Verstärkungsmaß)

$$-a = \ln|T| \quad (12)$$

und dem Winkel $-b$ des komplexen Übertragungsfaktors.

Es gilt auch

$$T = |T| e^{-jb}, \quad (13)$$

wobei

$$|T| = e^{-a} \quad (14)$$

der Betrag des Übertragungsfaktors ist.

In der folgenden Tabelle sind die verschiedenen Definitionen nochmals zusammengestellt:

Dämpfungsfaktor $D = S_1/S_2$	komplexes Dämpfungsmaß $g = a + jb$ $= \ln D + j \text{arc } D$
Übertragungsfaktor Verstärkungsfaktor $T = S_2/S_1$	komplexes Übertragungsmaß komplexes Verstärkungsmaß $-g = -a - jb$ $= \ln T + j \text{arc } T$

Werden, wie z. B. bei elektroakustischen Wandlern, verschiedenartige Eingangs- und Ausgangsgrößen aufeinander bezogen, dann lassen sich logarithmierte Größenverhältnisse durch Einführen einer Bezugsgröße für den Übertragungsfaktor (Dämpfungsfaktor) bilden.

Werden nicht Spannungen, Stromstärken, Schalldrücke usw. ins Verhältnis gesetzt, sondern Leistungen, dann erhält man das Übertragungs- und das Dämpfungsmaß aus der Wurzel dieses Verhältnisses.

Anstelle der Formelzeichen a , b und g können nach DIN 1344 auch A , B und Γ benutzt werden, also $\Gamma = A + jB$ anstelle von $g = a + jb$.