

Elektromagnetisches Feld

Zustandsgrößen

DIN
1324
Teil 1

Electromagnetic field; state quantities

Mit DIN 1324 T 2/05.88
Ersatz für DIN 1324/01.72
und DIN 1325/01.72 und
teilweise Ersatz für
DIN 1323/02.66

1 Anwendungsbereich und Zweck

Zweck dieser Norm ist es, die Zustandsgrößen des elektromagnetischen Feldes in einer geschlossenen Form darzustellen. Die Norm basiert auf dem Kapitel 121 des Internationalen Elektrotechnischen Wörterbuches (IEV), das Begriffe des Elektromagnetismus enthält (siehe DIN IEC 50 Teil 121).

2 Allgemeines

Als Feld bezeichnet man einen Zustand des Raumes, dem man Impuls und Energie zuschreibt. Quellen für elektrische und magnetische Felder sind ruhende und bewegte Ladungen. Letztere werden als Ströme bezeichnet. Die elektrische Ladung Q , auch Elektrizitätsmenge genannt, wird als Grunderscheinung der Elektrizität betrachtet; sie ist eine skalare Größe.

Als Quellengrößen des elektromagnetischen Feldes werden hier die Raumladungsdichte ρ und die Stromdichte \vec{j} betrachtet.

Das durch die Quellen hervorgerufene Feld wird durch Feldgrößen beschrieben. Zusammen mit den Quellengrößen und abgeleiteten Größen bilden sie das System der Zustandsgrößen, welche Gegenstand dieser Norm sind. Es wird die Kontinuumstheorie zugrundegelegt.

Die in dieser Norm behandelten Größen und Begriffe sind in Tabelle 1 angegeben.

Die Materialgrößen, welche die stoffspezifischen Beziehungen zwischen den Feldgrößen beschreiben, werden in DIN 1324 Teil 2 behandelt.

Begriffe und Größen, die im Zusammenhang mit der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen stehen, werden in DIN 1324 Teil 3 behandelt.

Tabelle 1. Übersicht

Größe oder Begriffe	Formelzeichen	SI-Einheit	Siehe Abschnitt
Grundbegriffe			3
Feldgrößen, Quellengrößen			3.1
Feldgleichungen			3.2
Feldkonstanten			3.3
magnetische Feldkonstante	μ_0	H/m = V · s/(A · m)	3.3
elektrische Feldkonstante	ϵ_0	F/m = A · s/(V · m)	3.3
Feldlinien			3.4
Ladung und Strom			4
Elektrische Ladung	Q	C = A · s	4.1
Raumladungsdichte	ρ	C/m ³ = A · s/m ³	4.2
Ladungsbedeckung	σ	C/m ² = A · s/m ²	4.3
Ladungsbelag	q_L	C/m = A · s/m	4.4
Stromdichte	\vec{j}	A/m ²	4.5
Strombelag	\vec{a}	A/m	4.6
Stromstärke	I	A	4.7
Verschiebungsstromdichte	$\partial\vec{D}/\partial t$	A/m ²	4.8
Gesamtstromdichte	\vec{j}_{tot}	A/m ²	4.9

Fortsetzung Seite 2 bis 6

Normenausschuß Einheiten und Formelgrößen (AEF) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)

Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, gestattet.

Tabelle 1. (Fortsetzung)

Größe oder Begriffe	Formelzeichen ¹⁾	SI-Einheit	Siehe Abschnitt
Feldstärken und Flußdichten			5
Elektrische Feldstärke	\vec{E}	V/m	5.1
Elektrische Flußdichte	\vec{D}	C/m ² = A · s/m ²	5.2
Elektrischer Fluß	Ψ	C = A · s	5.3
Magnetische Flußdichte	\vec{B}	T = V · s/m ²	5.4
Magnetischer Fluß	Φ	Wb = V · s	5.5
Magnetische Feldstärke	\vec{H}	A/m	5.6
Polarisation und Magnetisierung			6
Elektrische Polarisation	\vec{P}	C/m ² = A · s/m ²	6.1
Elektrisierung	$\vec{P} _{\epsilon_0}$	V/m	6.1
Elektrisches Dipolmoment	\vec{p}	C · m = A · s · m	6.2
Magnetische Polarisation	$\mu_0 \vec{M}$	T = V · s/m ²	6.3
Magnetisierung	\vec{M}	A/m	6.3
Magnetisches (Flächen-)Moment	\vec{m}	A · m ²	6.4
Magnetisches Dipolmoment	\vec{j}	Wb · m = V · s · m	6.4
Spannungen und Potentiale			7
(Elektrische) Spannung	U	V	7.1
Elektrisches Potential	φ_e	V	7.2
Induzierte Spannung	U_i	V	7.3
Magnetisches Vektorpotential	\vec{A}_m	Wb/m = V · s/m	7.4
Magnetische Spannung	V_m	A	7.5
Durchflutung	Θ	A	7.6
Energie- und Impulsgrößen			8
Elektromagnetische Energiedichte	w	J/m ³ = V · A · s/m ³	8.1
Poyntingvektor	\vec{S}	W/m ² = V · A/m ²	8.2
Elektromagnetische Impulsdichte	\vec{p}_v	N · s/m ³ = V · A · s ² /m ⁴	8.3
Kraftdichte	\vec{f}	N/m ³ = V · A · s/m ⁴	8.4
1) Wegen Überschneidung werden in dieser Norm die Ausweichzeichen φ_e und \vec{A}_m anstelle der Vorzugszeichen nach DIN 1304 Teil 1 benutzt.			

3 Grundbegriffe

3.1 Feldgrößen und Quellgrößen

Feldgrößen sind die elektrische Feldstärke \vec{E} (siehe Abschnitt 5.1), die elektrische Flußdichte \vec{D} (siehe Abschnitt 5.2), die magnetische Flußdichte \vec{B} (siehe Abschnitt 5.4), die magnetische Feldstärke \vec{H} (siehe Abschnitt 5.6). Quellgrößen sind die Raumladungsdichte ρ (siehe Abschnitt 4.2) und die Stromdichte \vec{j} (siehe Abschnitt 4.5).

3.2 Feldgleichungen

Die Feldgrößen bilden ein System von Größen unterschiedlicher Tensor-Stufe (siehe DIN 1303, Ausgabe März 1987, Abschnitte 6 und 7). In dieser Norm werden Bi- und Trivektoren durch ihre jeweilige duale Ergänzung, das sind Monovektoren und Skalare, ersetzt. Die Feldgrößen sind miteinander durch die Maxwellschen Gleichungen, kurz die Feldgleichungen, verknüpft. Sie lauten:

$$\text{rot } \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \tag{1}$$

$$\text{rot } \vec{H} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} + \vec{j} \tag{2}$$

mit

$$\text{div } \vec{D} = \rho \tag{3}$$

$$\text{div } \vec{B} = 0 \tag{4}$$

Über die Bedeutung der Differentialoperatoren grad, div. und rot siehe DIN 4895 Teil 2.

Statt in differentieller Form können die Maxwellschen Gleichungen auch in Integralform angegeben und mit besonderen Benennungen gekennzeichnet werden:

Induktionsgesetz

$$\oint_s \vec{E} \cdot d\vec{s} = - \int_A \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{A} \tag{5}$$

Durchflutungsgesetz

$$\oint_s \vec{H} \cdot d\vec{s} = \int_A \left(\frac{\partial \vec{D}}{\partial t} + \vec{j} \right) \cdot d\vec{A} \tag{6}$$