

Was versteht man unter...

■ Ablesbarkeit (einer Anzeige)

Eigenschaft, alphanumerische Zeichen und Zeichenfolgen mit der erforderlichen Genauigkeit und Lesegeschwindigkeit, z. B. bei „Laufschrift“, von einem Gerät oder einer Einrichtung (Anzeige) ablesen zu können.

Maßgebend für eine gute Lesbarkeit und Merkfähigkeit der auf Anzeigen dargestellten alphanumerischen Zeichen (Informationen) sind hauptsächlich:

- die Zeichengestaltung, z. B. Computerschrift,
- die Zeichenhöhe und -breite, möglichst im Verhältnis (2 ... 1) : 1,
- die Helligkeit und der Kontrast (Schärfe) der Anzeige in Abhängigkeit von der jeweiligen Umgebung sowie
- der Leseabstand.

Abhängig vom Leseabstand wird folgende Zeichenhöhe empfohlen:

$$\text{Zeichenhöhe} \geq \text{Leseabstand} / 200$$

Bei einem maximalen Leseabstand von beispielsweise 50 cm oder 10 m beträgt die empfohlene Zeichenhöhe demnach $\geq 2,5$ mm bzw. ≥ 5 cm. Bei Anzeigen mit guter Helligkeit, z. B. bei selbstleuchtenden Anzeigen, sind die Zeichen mitunter wesentlich kleiner.

■ Formelzeichen

In Formeln verwendetes, meist genormtes Zeichen zur verkürzten Darstellung technisch-physikalischer, chemischer oder anderer Größen.

Grundzeichen

Formelzeichen (engl. letter symbols) bestehen aus dem Grundzeichen und im Bedarfsfall aus einem dem Grundzeichen beigegebenen Nebenzeichen. Als Grundzeichen werden in Deutschland und im deutschsprachigen europäischen Raum vorzugsweise lateinische sowie griechische Klein- und Großbuchstaben verwendet; in chemischen Formeln oft in Verbindung mit Klammern, z. B. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – Kalziumhydroxid. Buchstaben in deutscher (eckiger) Frakturschrift, z. B. $\mathfrak{A}$ (Buchstabe A), finden als Formelzeichen nur noch selten Anwendung.

In Wechsel- und Gleichstromsystemen werden bezeichnet:

- **Effektivwerte** mit großen Buchstaben, z. B. U oder U_{eff} für die elektrische Spannung und I bzw. I_{eff} für die Stromstärke;
- **Augenblickswerte** mit kleinen Buchstaben, z. B. u (Spannung) und i (Stromstärke);
- **Scheitelwerte** – die jeweils größten Augenblickswerte einer Sinusgröße $X(t)$ – mit kleinen Buchstaben. Scheitelwerte erhalten ein Dach (Überzeichen) über dem Grundzeichen, z. B. $\hat{u}$ (Spannungsmaximum) und $\hat{i}$ (Strommaximum), gesprochen: i Dach;
- **Arithmetische Mittelwerte** – die Quotienten aus dem jeweiligen Zahlenwert einer Summe und der Anzahl der Summanden – mit kleinen oder großen Buchstaben. In diesem Fall erhält das Grundzeichen oft einen waagerechten Strich als Überzeichen, z. B. $\bar{E}$ (mittlere Beleuchtungsstärke), gesprochen E quer.

Ein waagerechter Strich als Unterzeichen unter dem Grundzeichen bedeutet, dass das betreffende Formelzeichen eine aus reellen (wirklichen) und imaginären (unwirklichen) Zahlen¹⁾ zusammengesetzte **komplexe Größe** darstellt, z. B. $\underline{Z}$ (Impedanz), gesprochen: Z unterstrichen. Als Hochzeichen, rechts neben dem Grundzeichen, verwendet man bei komplexen Größen mitunter einen Stern, z. B. $\underline{Z}^*$. Dieser Stern kennzeichnet einen konjugiert (einander zugeordneten) komplexen Ausdruck. $\underline{Z}^*$ ist mithin konjugiert komplex zu der Impedanz $\underline{Z}$, s. Bild 1. In Druckschriften sind bestimmungsge-mäß

- Grundzeichen schräg – nach rechts geneigt (kursiv) – und
 - Nebenzeichen, auch Einheitenzeichen sowie Dezimalvorsätze, wie nachstehend beispielhaft angegeben, senkrecht (steil) zu schreiben: U_{eff} in mV [1].
- Aus mehreren Buchstaben bestehende Grundzeichen sind im Allgemeinen unstatthaft, weil sie fälschlicherweise als Produkt mehrerer Kenngrößen gedeutet werden können. Dieser Grundsatz gilt nicht für chemische Formelzeichen. Die Verwendung ein und desselben Formelzeichens für verschiedene Kenngrößen ist unzumutbar, wegen des begrenzten Vorrats an lateinischen und griechischen Buchstaben, jedoch leider nicht zu vermeiden, Beispiele s. Tafel 1.

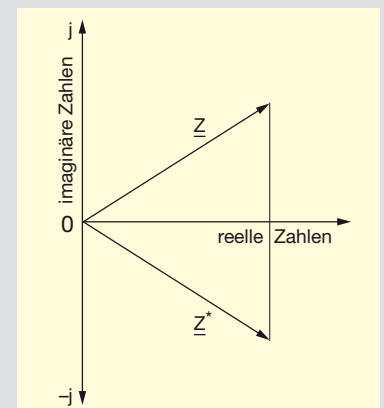
Nebenzeichen

Technisch-physikalische und andere Kenngrößen werden zweckdienlich durch Nebenzeichen präzisiert; dabei darf sich

Fachbegriffe

Tafel 1 Ein und dasselbe Formelzeichen für mehrere technisch-physikalische Größen

Formelzeichen	Kenngröße
B	Blindleitwert magnetische Induktion
E	elektrische Feldstärke Beleuchtungsstärke
I	elektrische Stromstärke Lichtstärke
L	Induktivität Leuchtdichte
Q	Blindleistung Wärmemenge
T	Periodendauer Temperatur (Kelvin)
k	Überspannungsfaktor Klirrfaktor
φ	elektrisches Potential Phasenverschiebungswinkel
Φ	magnetischer Fluss Lichtstrom



1 Darstellung der komplexen Zahl $\underline{Z}$ und ihrer konjugierten komplexen Zahl $\underline{Z}^*$

G	Grundzeichen
$\ddot{U}$	Nebenzeichen:
$\ddot{U}$	Überzeichen
H	Hochzeichen, rechts
T	Tiefzeichen, rechts
U	Unterzeichen

2 Grundzeichen und Platzierung der zugehörigen Nebenzeichen

die Größenart jedoch nicht ändern. Dieser Grundsatz gilt nicht für mathematische Zeichen. Bekanntlich wird z. B. die Größenart Länge l durch das Potenzzeichen 2 (l^2) zur Fläche S und durch das Potenzzeichen 3 (l^3) zum Volumen V .

Als Nebenzeichen dienen hauptsächlich Ziffern und Buchstaben. Es sind aber auch allerhand Sonderzeichen üblich, z. B. Striche, Kreuze, Sterne, Winkel, Häkchen, Dächer sowie das Sinus- und Unendlichzeichen. Diese Zeichen können sowohl rechts als auch links, hoch oder tief, neben dem Grundzeichen oder auch direkt über bzw. direkt unter dem Grundzeichen stehen, s. Bild 2. Gewöhnlich werden Tiefzeichen rechts neben dem Grundzeichen platziert, z. B. $I_{\Delta N}$ für den Bemessungsdifferenzstrom von Fehlerstrom-

Schutzeinrichtungen (RCDs) oder U_k für die absolute Kurzschlussspannung von Transformatoren. Das Tiefzeichen ist der „Index“; mehrere Tiefzeichen heißen „Indizes“ (engl. subscripts).

Impedanz

Komplexer elektrischer (Wechselstrom-) Widerstand, Formelzeichen: $\underline{Z}$ ²⁾.

Allgemeines

Die **Impedanz** $\underline{Z}$ (engl. impedance) entspricht dem Quotienten aus dem Spannungszeiger $\underline{U}$ und dem Stromzeiger $\underline{I}$ (s. Bild ③³⁾, d. h. :

$$\underline{Z} = \underline{U} / \underline{I}$$

Kartesische Form:

$$\underline{Z} = R + jX$$

Trigonometrische Form:

$$\underline{Z} = |\underline{Z}| (\cos \varphi + j \sin \varphi)$$

Exponentialform:

$$\underline{Z} = |\underline{Z}| e^{j\varphi} = |\underline{Z}| \exp j\varphi$$

Die Messung der Impedanz (Betrag und Phase) erfolgt i. Allg. unter Verwendung hochfrequenter Wechselströme und spezieller Schaltungen [2].

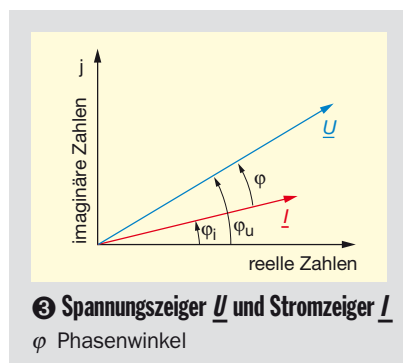
Bei Darstellung des komplexen elektrischen Widerstands $\underline{Z}$ (Widerstandsoperator) in kartesischer Form werden der

- **Wirkwiderstand** R (Ohm'scher Widerstand oder Resistanz) als **Realteil** und der
- **Blindwiderstand** X (Reaktanz) als **Imaginärteil**

bezeichnet. Beim Blindwiderstand unterscheidet man noch zwischen dem

- **induktiven Blindwiderstand** $X_L = \omega L$ (Induktanz) und dem
- **kapazitiven Blindwiderstand** $X_C = 1/\omega C$ (Kondensanz).

Der reziproke Wert (Kehrwert) der Impedanz $\underline{Z}$ ist der **komplexe Leitwert** $\underline{Y} = 1/\underline{Z}$ (Admittanz), mitunter auch „Leitwertoperator“ genannt. Sein Betrag $|\underline{Y}|$ entspricht dem **Scheinleitwert** $Y = I/U$.



Der Realteil des komplexen Leitwerts $\underline{Y}$ ist der **Wirkleitwert** G (Konduktanz) und der Imaginärteil von $\underline{Y}$ ist der **induktive Blindleitwert** B_L (Suszeptanz) bzw. der **kapazitive Blindleitwert** B_C (Kapazitätanz).

Scheinwiderstand

Der Betrag der Impedanz $|\underline{Z}|$ ist der **Scheinwiderstand** Z (engl. loop resistance):

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

Die in der Wechselstromtechnik oft verwendeten Fachbegriffe **Scheinwiderstand** und **Impedanz** sind in Übereinstimmung mit DIN 40 110 Teil 1 [3] folglich nicht ein und dasselbe, obwohl beide Begriffe in der praxisorientierten Fachliteratur – selbst in harmonisierten Normen, z. B. in den Errichtungsbestimmungen für Niederspannungsanlagen DIN VDE 0100 – häufig synonym verwendet werden. Die Gleichsetzung der beiden Begriffe ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die jeweiligen Widerstandswerte meist nur unwesentlich voneinander abweichen.

Baueinheit

Vereinigung mehrerer elektrischer, auch informationstechnischer Betriebsmittel in einer selbstständigen, zweckdienlichen Einheit.

Baueinheiten (engl. units) – mitunter auch „Einrichtungen“ (engl. devices) genannt – sind in der Regel transportable oder fahrbare Großbehälter, z. B. Container. Für das Errichten von Niederspannungsanlagen in oder an solchen ortsveränderlichen Baueinheiten gelten die Bestimmungen DIN VDE 0100-717 [4]. Danach sind z. B. für Steckdosen und Stromkreise mit Spannungen über AC 50 V, die der Versorgung von elektrischen Betriebsmitteln außerhalb der Baueinheiten dienen, zum Schutz gegen elektrischen Schlag grundsätzlich Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) mit einem Bemessungsdifferenzstrom von ≤ 30 mA zu verwenden.

Sollbruchteil

Elektrisches Bauteil, das bei anormalem Betrieb, z. B. bei einem Kurzschluss, den fehlerbehafteten Stromkreis an einer dafür vorgesehenen Stelle unterbricht und dadurch andere Betriebsmittel durch „Eigenverzehr“ vor Schaden bewahrt. Das **Sollbruchteil** (engl. intentionally weak part) ist ein genormtes, für den Austausch bestimmtes Ersatzteil, z. B. ein Sicherungseinsatz. Sein Einsatzort markiert die **Sollbruchstelle**.

Isolation

Grad der galvanischen Trennung (ital. isola = Insel) von leitfähigen Teilen, die gegeneinander oder gegen Erde (Masse) betriebsmäßig unter Spannung stehen.

Isolation (engl. insulation) ist kein fester Werkstoff, auch keine (Isolier-)Flüssigkeit und kein Gas, sondern eine Eigenschaft, ein Zustand (Abstraktum). Die Realisierung der Isolation erfolgt mittels der **Isolierung**, d. h. durch einen geeigneten Isolierstoff (Konkretum).

Als „elektronische Isolation“ wird mitunter die Verarmungszone bei Halbleitern, z. B. die Sperrschicht mit pn-Übergang, bezeichnet.

Isolationsfehler

Fehler in der Isolierung eines elektrischen Betriebsmittels, der zu einem anormalen Stromfluss über die Fehlerstelle führt, z. B. bei einem Kurzschluss.

Isolationsfehler (engl. insulation faults) entstehen z. B. durch Alterung der Isolierung, durch Wärme, Kälte, Feuchtigkeit, Nässe, Überspannungen, mechanische Einwirkungen oder durch eine Kombination dieser Einflüsse.

R. Müller

Literatur

- [1] DIN 1304-1:1994-03 Formelzeichen; Allgemeine Formelzeichen.
- [2] Lexikon Elektronik und Mikroelektronik. Hrsg.: Dieter Sautter und Hans Weinert. 2., aktualisierte und erw. Auflage. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1993.
- [3] DIN 40 110 Teil 1:1994-03 Wechselstromgrößen; Zweileiter-Stromkreise.
- [4] DIN VDE 0100-717:2005-06 Errichten von Niederspannungsanlagen; Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art; Elektrische Anlagen auf Fahrzeugen oder in transportablen Baueinheiten.

¹⁾ Eine **imaginäre Zahl** ist ein Vielfaches der Quadratwurzel aus minus eins. Diese Zahl $\sqrt{-1}$ (imaginäre Einheit) – bezeichnet mit dem lateinischen Kleinbuchstaben i oder j – ist durch eine positive oder negative (reelle) Zahl nicht darstellbar. Imaginäre Zahlen entziehen sich folglich unserem Vorstellungsvermögen und existieren praktisch nur in der Fantasie.

²⁾ Zur Kennzeichnung komplexer Kenngrößen werden die betreffenden Formelzeichen unterstrichen. Die früher zu diesem Zweck benutzte (eckige) Frakturschrift oder die Kennzeichnung der Größen mit dem hakenförmigen Komplexkennzeichen, z. B. $\underline{Z}$, ist inzwischen unüblich und in Deutschland normenkonträr [3].

³⁾ In einem kartesischen Koordinatensystem trägt die Abszisse die reellen Zahlen und die Ordinate die imaginären Zahlen mit der imaginären Einheit $j = \sqrt{-1}$.