

Was versteht man unter...

Betriebsart

Zeitliche Folge und Dauer der Betriebszustände eines elektrischen Betriebsmittels. Die thermische Belastung (Erwärmung) eines elektrischen Betriebsmittels während des Normalbetriebs wird maßgeblich von der jeweiligen Betriebsart bestimmt. Die Betriebsart kann vom Hersteller des Betriebsmittels entweder durch genormte alphanumerische Bezeichnungen oder mithilfe von grafischen Darstellungen angegeben werden, die die veränderlichen Größen in Abhängigkeit von der Zeit wiedergeben.

Häufig vorkommende Betriebsarten sind:

a) Nennbetrieb

Dauernder oder kurzzeitiger Betrieb mit den jeweiligen Nenn- bzw. Bemessungsdaten, z. B. Nennspannung, Nennstrom und Nennfrequenz.

b) Dauerbetrieb

Betrieb, bei dem die Strombelastungsdauer t_B (Betriebsdauer) mindestens so lang ist, dass der thermische Beharrungszustand (Beharrungstemperatur) erreicht wird, s. Bild 1 a). In diesem

Fall gibt das elektrische Betriebsmittel seine (Verlust-)Wärme vollständig an die Umgebung ab; es besteht ein thermisches Gleichgewicht.

Bei Dauerbetrieb (engl. continuous operation) darf die Beharrungstemperatur die höchstzulässige Betriebstemperatur des jeweiligen elektrischen Betriebsmittels nicht überschreiten.

c) Kurzzeitbetrieb

Betrieb, bei der einerseits die

- Strombelastungsdauer so kurz ist, dass der thermische Beharrungszustand nicht erreicht wird, und andererseits die
- nachfolgende Betriebspause lang genug ist, um eine Abkühlung auf die Ausgangstemperatur (Umgebungstemperatur ϑ_U) zu erreichen, s. Bild 1 b).

d) Aussetzbetrieb

Betrieb, bei dem einerseits die

- Strombelastungsdauer so kurz ist, dass der thermische Beharrungszustand nicht erreicht wird, und andererseits die
- nachfolgende Betriebspause nicht lang genug ist, um eine Abkühlung

auf die Ausgangstemperatur (Umgebungstemperatur ϑ_U) zu erreichen.

Das Belastungsspiel kann sich beliebig oft wiederholen. Periodischer Aussetzbetrieb s. Bild 1 c).

Für drehende elektrische Maschinen, z. B. Motoren oder Generatoren, gelten die Betriebsarten nach Tafel 1, und für Transformatoren gelten die Betriebsarten nach Tafel 2.

Die jeweilige Nenn- bzw. Bemessungsbetriebsart ist gewöhnlich auf dem Leistungsschild der genannten elektrischen Betriebsmittel angegeben. Bei fehlender Angabe ist das betreffende Betriebsmittel üblicherweise für den Dauerbetrieb geeignet.

Größe

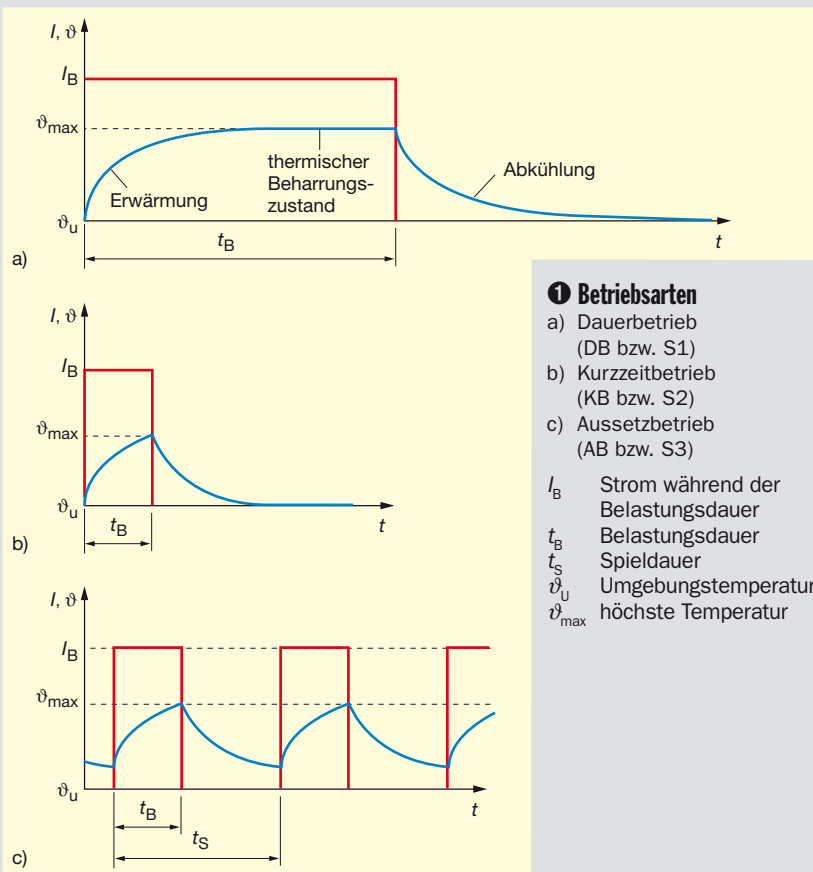
Merkmal einer Sache, z. B. eines Körpers, Vorgangs oder Zustands, das sich quantitativ bestimmen und in einem zahlenmäßigen Wert ausdrücken lässt.

Tafel 1 Betriebsarten für drehende elektrische Maschinen [1]

Kurzzeichen	Betriebsart
S1	Dauerbetrieb
S2	Kurzzeitbetrieb
S3	Periodischer Aussetzbetrieb
S4	Periodischer Aussetzbetrieb mit Einfluss des Anlaufvorgangs
S5	Periodischer Aussetzbetrieb mit elektrischer Bremsung
S6	Ununterbrochener periodischer Betrieb
S7	Ununterbrochener periodischer Betrieb mit elektrischer Bremsung
S8	Ununterbrochener periodischer Betrieb mit Last- und Drehzahländerungen
S9	Betrieb mit nicht periodischen Last- und Drehzahländerungen
S10	Betrieb mit einzelnen konstanten Belastungen

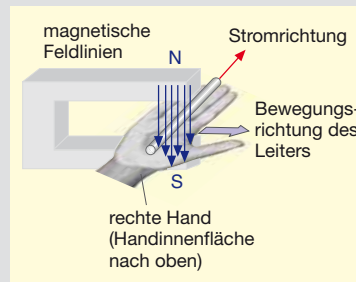
Tafel 2 Betriebsarten für Transformatoren [2]

Kurzzeichen	Betriebsart
DB	Dauerbetrieb
KB	Kurzzeitbetrieb
AB	Aussetzbetrieb
DKB	Durchlaufbetrieb mit Kurzzeitbelastung
DAB	Durchlaufbetrieb mit Aussetzbelastung

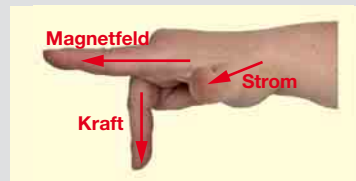


Tafel 3 Vorsätze zur Bezeichnung von dezimalen Vielfachen und Teilen von Einheiten

Vorsatz	Name	Faktor
T	Tera	10^{12}
G	Giga	10^9
M	Mega	10^6
k	Kilo	10^3
h	Hekto	10^2
da	Deka	10
d	Dezi	10^{-1}
c	Zenti	10^{-2}
m	Milli	10^{-3}
μ	Mikro	10^{-6}
n	Nano	10^{-9}
p	Piko	10^{-12}



2 Rechte-Hand-Regel



3 Drei-Finger-Regel der rechten Hand

Begriffe

Die Maßzahl einer Größe ist der **Zahlenwert**. Die aus dem Zahlenwert und der Maßeinheit gebildete Angabe, z. B. 230 V oder 16 A, heißt **Wert der Größe**. Mit **Größenordnung** bezeichnet man hierzulande einen bestimmten Bereich, in dem der Wert einer Größe liegt, z. B. Strom von einigen zehn Milliampere. Das Verhältnis zweier Größen ist die **Proportion**.

Größen (engl. variable quantities) werden nach Messgrößen, Stellgrößen und noch manch anderen Größen unterschieden. Größen, deren Wert zufälligen Schwankungen unterliegt, sind **stochastische Größen**. Charakteristische Größen zur Kennzeichnung von Betriebsmitteln, Systemen u. dgl. heißen **Kenngroßen**. Ihre Werte – die Kennwerte – sind zur Charakterisierung der Eigenschaften oder Einsatzmöglichkeiten der betreffenden Betriebsmittel besonders wichtig.

Darüber hinaus werden unterschieden:

- **binäre Größen**, die genau einen von zwei diskreten Werten – üblicherweise 0 oder 1 – annehmen können;
- **skalare Größen** (Skalare), die allein durch Angabe eines reellen Zahlenwerts mit der zugehörigen Maßeinheit vollständig bestimmt sind;
- **vektorielle Größen** (Vektoren), die zusätzlich zu dem Betrag einer komplexen Größe noch eine bestimmte Richtung (Phasenlage) haben.¹⁾

Nach ihrem zeitlichen Verhalten werden unterschieden:

- **Gleichgrößen**, z. B. Gleichspannungen und -ströme mit zeitlich konstanten Augenblickswerten;
- **Wechselgrößen**, z. B. Wechselspannungen und -ströme mit zeitlich verändernden Augenblickswerten;
- **Mischgrößen**, z. B. modulierte (überlagerte) Gleichspannungen;
- **periodische Größen**, z. B. sinusförmige Spannungen und Ströme mit regelmäßigem wiederkehrendem Zeitverlauf;

- **Impulsgrößen**, z. B. Spannungs- und Stromimpulse, deren Werte innerhalb einer kurzen Zeitdauer erheblich von Null abweichen. Ein Impuls, dessen Augenblickswerte während der genannten Dauer keinen Vorzeichenwechsel (Richtungswechsel) erfahren, wird **Stoßgröße** (einseitige Impulsgröße) genannt, z. B. Stoßspannungen und -ströme;
- **Sprunggrößen**, z. B. ein- oder umgeschaltete Gleichspannungen, deren Augenblickswerte vor einem bestimmten Zeitpunkt einen konstanten Wert und danach einen anderen konstanten Wert annehmen.

Vorsätze

Der Wert einer physikalischen Größe ist mitunter wenig anschaulich (verständlich), insbesondere wenn es sich um sehr kleine oder sehr große Werte handelt. Zur Bildung praktikabler Zahlenwerte wurden deshalb **Dezimalvorsätze** (kurz: Vorsätze) geschaffen. Vorsätze sind die vor eine Maßeinheit gesetzten Vorsilben zur Bezeichnung eines bestimmten dezimalen Vielfachen oder Teils der Einheit, z. B. Mega (M), Kilo (k), Milli (m) oder Mikro (μ). Bei Verwendung z. B. des Vorsatzzeichens M (Mega $\hat{=}$ 10^6) lautet der Wert eines elektrischen Widerstands von 1 000 000 Ω mithin 1 M Ω . Zurzeit gibt es 20 Dezimalvorsätze. Die für die Elektrotechnik wichtigen Vorsätze zur Bezeichnung von dezimalen Vielfachen und Teilen von Einheiten enthält Tafel 3. Einheitenzeichen, z. B. m (Meter), in Verbindung mit einem Vorsatzzeichen, z. B. k (Kilo), gelten als ein einziges Symbol, das ohne Verwendung von Klammern potenziert werden kann, z. B. 1 km².

Rechte-Hand-Regel

Regel zur Bestimmung der Richtung des Induktionsstroms in einem ortsfesten

Magnetfeld unter Zuhilfenahme der rechten Hand, s. Bild 2.

Die Rechte-Hand-Regel lautet wie folgt:

Hält man die rechte Hand so in ein Magnetfeld, dass die vom Nordpol (N) zum Südpol (S) verlaufenden magnetischen Feldlinien auf die Handinnenfläche aufreffen und der abgespreizte Daumen in die Bewegungsrichtung des Leiters zeigt, dann fließt der Induktionsstrom in Richtung der gestreckten Finger.

In diesem Fall wird wie bei einem Generator die mechanische Energie zur Bewegung des Leiters in elektrische Energie umgewandelt. Die Rechte-Hand-Regel bezeichnet man daher auch als „Generatorenregel“.

Drei-Finger-Regel

Regel zur Bestimmung der Krafrichtung auf einen Strom führenden Leiter in einem ortsfesten Magnetfeld. Dabei sind der Daumen, Zeigefinger und Mittelfinger der rechten Hand so zu spreizen, dass diese Finger untereinander jeweils einen rechten Winkel bilden (Rechtsdreißein), s. Bild 3. Die Drei-Finger-Regel der rechten Hand lautet wie folgt:

- **Zeigt der Daumen in die Stromrichtung des elektrischen Leiters in einem Magnetfeld (Ursache der Induktion) und der**
- **Zeigefinger in die Richtung des magnetischen Felds vom Nordpol zum Südpol (Vermittler der Induktion), so gibt der**
- **Mittelfinger im Falle einer positiven Ladung die Krafrichtung an (Wirkung der Induktion).**

Bei einer negativen Ladung (Stromrichtungsumkehr) ist die Krafrichtung entgegengesetzt. Die Richtung der Kraft auf den Leiter ändert sich auch bei einem Richtungswechsel der magnetischen Feldlinien. Bei gleichzeitiger Umkehr von Stromrichtung und der Richtung des Magnetfelds behält die Kraft ihre ursprüngliche Richtung bei.

Die Drei-Finger-Regel wird unter Verwendung der im vorgenannten Merksatz unterstrichenen Buchstaben mitunter auch „UVW-Regel“ genannt. R. Müller

Literatur

- [1] DIN EN 60 034-1 (VDE 0530-1):2005-04 Drehende elektrische Maschinen.
- [2] DIN VDE 0550-1:1969-12 Bestimmungen für Kleintransformatoren; Allgemeine Bestimmungen.

¹⁾ **Vektoren** werden manchmal auch „Zeiger“ genannt – das ist unzutreffend. Zeiger, z. B. Strom- oder Spannungszeiger, dienen vielmehr zur grafischen Darstellung komplexer Zahlen in der Gauß'schen Zahlenebene.