

Vorzeichen- und Richtungsregeln für elektrische Netze

DIN
5489

Signs and directions in electrical networks

Vorzeichen- und Richtungsregeln in der Elektrotechnik sind Übereinkünfte. Für die Darstellung elektrischer Netze, die aus Zweipolen oder n -Polen zusammengesetzt sind, sollen sie die Anwendung des Ohmschen Gesetzes, der Kirchhoffschen Regeln und der aus ihnen abgeleiteten Sätze von besonderen Überlegungen über das Setzen der Vorzeichen entlasten.

1. Vorzeichen und Richtungssinne (Richtungen) von Strom und Spannung

Der Strom in einem Leiter von einem Querschnitt 1 zu einem Querschnitt 2 wird positiv gerechnet, wenn positive Ladungsträger sich von 1 nach 2 oder negative Ladungsträger sich von 2 nach 1 bewegen. Die Spannung entlang einem Wege von einem Punkt 1 nach einem Punkt 2 wird positiv gerechnet, wenn das Potential in 1 größer ist als das Potential in 2.

Im Sinne dieser Festlegungen spricht man von dem positiven konventionellen Richtungssinn eines Stromes und einer Spannung oder auch von der positiven konventionellen Richtung (dieser Gebrauch des Wortes Richtung weicht also ab von dem Gebrauch in der Geometrie). Der positive konventionelle Richtungssinn wird häufig auch physikalischer Richtungssinn genannt, um ihn von dem in Abschnitt 2 genannten Bezugssinn zu unterscheiden.

Ein zeitlich veränderlicher Strom gilt für die Netzberechnung als positiv, wenn im gewählten Zeitpunkt der Augenblickswert positiv ist; entsprechendes gilt für eine zeitlich veränderliche Spannung.

2. Bezugssinn (Bezugsrichtung)

2.1. Für jedes Element (Zweipol) eines vermaschten elektrischen Netzes muß ein Bezugssinn des Stromes und ein Bezugssinn der Spannung festgelegt werden, damit den Größen in der Rechnung eindeutig Vorzeichen gegeben werden können.

2.2. Bezugssinne stellt man im Schaltplan durch Pfeile — Bezugspfeile — dar, die willkürlich eingezeichnet werden können.

2.3. Ströme und Spannungen werden in den nach Abschnitt 2.1 festgelegten Bezugssinnen positiv gerechnet, so, wie wenn diese Bezugssinne physikalische (positive konventionelle) Richtungssinne wären.

2.3.1. Ergibt sich aus der Rechnung eine Netzgröße positiv, so ist der vorher willkürlich gewählte Bezugssinn in Übereinstimmung mit dem physikalischen (positiven konventionellen) Richtungssinn nach Abschnitt 1, wenn bei allen vorgegebenen Spannungen

und Strömen (zum Beispiel Quellenspannungen und Quellenströmen) die Bezugsrichtungen mit den entsprechenden physikalischen Richtungen übereinstimmen oder wenn bei willkürlichen Bezugsrichtungen der vorgegebenen Spannungen und Ströme (zum Beispiel Quellenspannungen und Quellenströme) die ihren physikalischen Richtungen entsprechenden Vorzeichen eingeführt werden. Kennt man den physikalischen (positiven konventionellen) Richtungssinn einer Netzgröße von vornherein, so ist es anschaulich, den Bezugssinn mit diesem gleich zu wählen.

2.3.2. Bei der komplexen Darstellung in der Wechselstromtechnik muß für die Quellenspannungen und Quellenströme eine Bezugsphase (willkürlich) festgelegt werden. Dann liefert die Berechnung die Spannungen und Ströme mit der gleichen Bezugsphase.

2.4. Erste Kirchhoffsche Regel (Knotenregel): In jedem Knotenpunkt ist die Summe aller Ströme null. Ströme, deren Bezugspfeile zum Knoten hin gerichtet sind, erhalten dabei das eine Vorzeichen, Ströme, deren Bezugspfeile vom Knotenpunkt weg gerichtet sind, das andere.

2.5. Zweite Kirchhoffsche Regel (Maschenregel): Die Summe aller Teilspannungen entlang einem geschlossenen Weg, dessen Umlaufsinn willkürlich gewählt werden kann, ist null. Alle Spannungsgrößen, deren Bezugssinne mit dem gewählten Umlaufsinn übereinstimmen, erhalten das eine Vorzeichen, alle Spannungsgrößen, deren Bezugssinne mit dem gewählten Umlaufsinn nicht übereinstimmen, das andere.

2.6. Legt man die Bezugssinne für die Ströme I fest, dann werden die Teilspannungen U an den Widerständen (Impedanzen) Z berechnet durch $U = ZI$; legt man die Bezugssinne für die Spannungen an den Widerständen (Impedanzen) fest, so gilt für die Ströme $I = YU$ mit $Y = 1/Z$.

2.7. Die Quellenspannungen kann man auch durch die ihnen entsprechenden elektromotorischen Kräfte ersetzen, wenn man beachtet, daß sie entgegengesetzte physikalische Richtungssinne haben, vergleiche DIN 1323.

Fortsetzung Seite 2 und 3
Anmerkungen Seite 3

3. Kennzeichnungen für Ströme und Spannungen

3.1. In Schaltplänen wird der Bezugssinn eines Stromes durch einen Pfeil angegeben, der bevorzugt in die Linie gezeichnet wird, die den Stromleiter darstellt, siehe Bild 1a. Ist dies untunlich, so kann man den Pfeil auch nahe neben diese Linie setzen, siehe Bild 1b.



Bild 1a

Bild 1b

Bild 1a und 1b. Kennzeichnung für Ströme. (Die Ziffern 1 und 2 sind nicht Bestandteil der Kennzeichnung)

3.2. In Schaltplänen wird der Bezugssinn einer zwischen zwei Punkten bestehenden Spannung durch einen Pfeil dargestellt, der willkürlich zwischen die zwei Punkte gezeichnet wird.

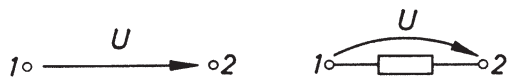


Bild 2. Kennzeichnung für Spannungen. (Die Ziffern 1 und 2 sind nicht Bestandteil der Kennzeichnung)

3.2.1. Eine andere Art, den Bezugssinn einer Spannung darzustellen, besteht darin, die Zeichen $-$ und $+$ an die zwei Punkte zu setzen, und zwar so, daß das Zeichen $-$ die Spitze des Pfeiles, das Zeichen $+$ das andere Ende des Pfeiles ersetzt.

3.2.2. Die Kennzeichnung einer Spannung durch einen Doppelpfeil ($\leftrightarrow$) ist ohne zusätzliche Angabe nicht eindeutig; sie sollte deshalb nicht angewendet werden.

3.3. Als Ersatz für die Angaben von Bezugssinnen durch Pfeile kann man die Bezugssinne auch durch Doppelindizes an den Formelzeichen zum Ausdruck bringen, wobei verstanden wird, daß die Reihenfolge der Indizes übereinstimmt mit dem Bezugssinn (Bezugspfeil in einem Schaltplan). Den Bezugspfeilen der Bilder 1a, 1b und 2 entsprechen also die Indizierungen I_{12} und U_{12}

4. Spezielle Empfehlungen

4.1. Bei Zweipolen kann es zweckmäßig sein, für Strom und Spannung denselben Bezugssinn zu wählen; dann kann dieser durch einen einzigen gemeinsamen Bezugspfeil ausgedrückt werden.

4.2. Wenn die physikalischen (positiven konventionellen) Richtungssinne bekannt sind, ist es zweckmäßig, die Bezugssinne mit diesen übereinstimmend zu wählen.

4.3. Pfeilsysteme: Die Wahl der Bezugssinne und der diese darstellenden Bezugspfeile für Ströme und Spannungen steht zwar völlig frei, es sind jedoch für Verbraucher und für Zweipolquellen, ferner für Vierpole (Zweitore) und für n -Tore bestimmte Setzungen verbreitet, die in den Bildern 3 bis 8 angegeben und in den Bildunterschriften genannt sind.

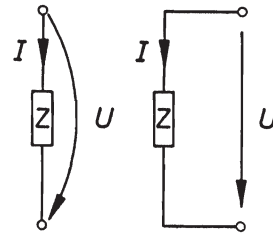
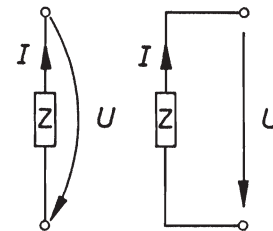
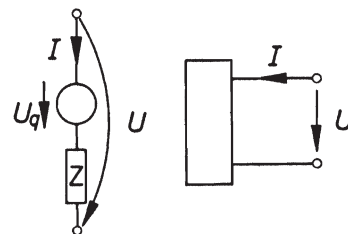
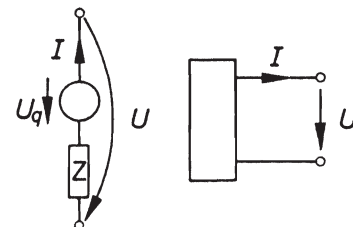
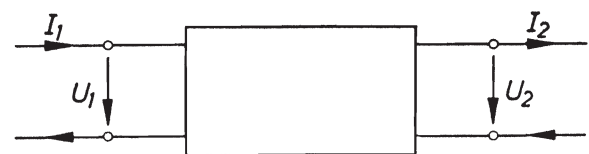
Bild 3. Gleicher Bezugssinn von Spannung und Strom, $U = ZI$ Bild 4. Ungleicher Bezugssinn von Spannung und Strom, $U = -ZI$ Bild 5. Verbraucher-Pfeilsystem, $U = U_q + ZI$ Bild 6. Erzeuger-Pfeilsystem, $U = U_q - ZI$ 

Bild 7. Vierpol (Zweitor), Ketten-Pfeilsystem

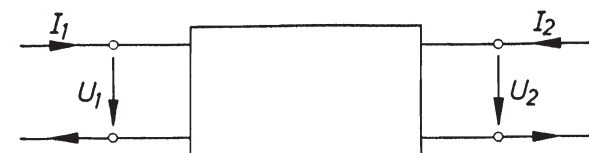


Bild 8. Vierpol (Zweitor), symmetrisches Pfeilsystem

In Bild 7 und 8 bedeuten:

Index 1 Eingangsseite, Index 2 Ausgangsseite