

Wechselstromgrößen

Teil 2: Mehrleiter-Stromkreise

DIN
40110-2

ICS 01.060; 17.220.01; 29.020

Ersatz für
DIN 40110:2002-09

Quantities used in alternating current theory –
Part 2: Multi-conductor circuits

Grandeurs de courant alternatif –
Partie 2: Circuits à plusieurs conducteurs

Inhalt

	Seite
Vorwort	1
1 Anwendungsbereich	1
2 Normative Verweisungen	2
3 Allgemeines	2
4 Benennungen und Beziehungen	2
4.1 Spannungen und Stromstärken	2
4.2 Augenblickswerte der Leistung, Scheinleistung	3
4.3 Vierleiter-Stromkreis	3
4.4 Dreileiter-Stromkreis	4
5 Lastaufteilung in Wirkteil und Blindteil	5

Vorwort

Diese Norm wurde vom Arbeitsausschuss NATG-A.38 erarbeitet. Sie enthält die Festlegungen für Mehrleiter-Stromkreise der früheren DIN 40110.

In Mehrleiter-Stromkreisen wird mit Mehrphasen-Spannungs- und -Stromsystemen elektrische Energie übertragen. Die Einführung des Begriffs Mehrleiter-Stromkreise dient der Verallgemeinerung gegenüber symmetrischen Stromkreisen und ermöglicht somit auch bei den tatsächlich oft gegebenen unsymmetrischen Stromkreisen Berechnungen mit einer für alle Fälle anwendbaren Lösung.

Diese Norm bezieht sich auf DIN 40110-1. Soweit anwendbar, gelten die Formelzeichen, die Begriffe und die Benennungen sowie die Methoden von DIN 40110-1. Ferner gelten die Festlegungen in DIN 40108:1978-05, wobei gewisse formale Abweichungen oder Erweiterungen hier jeweils angegeben werden. Die übrigen Begriffe gelten unverändert und werden hier nicht wiederholt.

DIN 40110 „Wechselstromgrößen“ besteht aus:

- Teil 1: Zweileiter-Stromkreise
- Teil 2: Mehrleiter-Stromkreise

Änderungen

Gegenüber DIN 40110:1975-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Aufteilung des Inhalts in Teil 1 über Zweileiter- und Teil 2 über Mehrleiter-Stromkreise;
- b) Inhalt vollständig überarbeitet.

Gegenüber DIN 40110-2:2002-09 wurden folgende Berichtigungen vorgenommen:

- a) Die Gleichungen 1 bis 6, 8, 9, 22, 29, 30, 37, 46 und 48 wurden berichtigt.

Frühere Ausgaben

DIN VDE 0110 = DIN 40110: 1939-10, 1959-12; 1966-12, 1968-07, 1972-02, 1975-10

DIN 40110-2: 2002-07, 2002-09

1 Anwendungsbereich

Diese Norm ist bei Berechnungen in Mehrleiter-Stromkreisen in der elektrischen Energietechnik anzuwenden.

Fortsetzung Seite 2 bis 8

Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG) – Einheiten und Formelgrößen –
im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

DIN 40108, *Elektrische Energietechnik – Stromsysteme – Begriffe, Größen, Formelzeichen*.

DIN 40110-1:1994-03, *Wechselstromgrößen – Zweileiter-Stromkreise*.

3 Allgemeines

Die Mehrleiter-Stromkreise werden nach der Anzahl n der im Normalbetrieb stromführenden Leiter als „ n -Leiter-Stromkreise“ bezeichnet. Wenn die n Leiterströme ein m -Phasen-Stromsystem nach DIN 40108 bilden, ist die Leiterzahl n gleich der Phasenzahl m , andernfalls gilt $n > m$. Die Zahlen 1 bis n werden dann als Indizes für die Leiter und die zugehörigen Spannungen und Stromstärken benutzt.

Bei der Anzahl der Leiter von Netzen werden im Normalbetrieb nur die Außenleiter und gegebenenfalls Neutralleiter sowie Mittelleiter gezählt, nicht aber die übrigen Leiter wie z. B. Schutzleiter, Schirme, Erdungsleiter usw. Unter Leiter-Leiter-Spannungen, oft kurz als Leiterspannungen bezeichnet, werden hier Spannungen zwischen zwei beliebigen von den n Leitern, also gegebenenfalls auch gegen den Neutral- oder Mittelleiter verstanden. Die Sternspannungen nach Gleichung (3) sind in dieser Norm gegen den virtuellen, mit der Ziffer 0 bezeichneten Sternpunkt gerechnet oder gemessen und werden als virtuelle Sternspannungen bezeichnet.

Die Berechnungen und Messungen beziehen sich auf eine beliebige Schnittstelle zwischen Quelle und Verbraucher, beispielsweise im Zuge einer Übertragungsleitung oder an den Anschlusspunkten einer elektrischen Maschine. Dabei brauchen Leitungsnummern oder Phasenfolge nicht bekannt zu sein.

ANMERKUNG Mehrphasen-System, Drehstrom-System siehe DIN 40108.

4 Benennungen und Beziehungen

4.1 Spannungen und Stromstärken

Für einen beliebigen n -Leiter-Stromkreis mit den Leiterstromstärken $i_1, i_2, \dots, i_n$, deren Summe immer null ist (1. Kirchhoff-Gesetz, Knotensatz),

$$\sum_{\mu=1}^n i_{\mu} = 0 \quad (1)$$

wird zur Definition eines virtuellen Sternpunktes ein System von n besonderen virtuellen Sternspannungen $u_{10}, u_{20}, \dots, u_{n0}$ mit der Bedingung

$$\sum_{\mu=1}^n u_{\mu 0} = 0 \quad (2)$$

angegeben. Mit der zusätzlichen Ziffer 0 im Index ist der so definierte Bezugsknoten oder virtuelle Sternpunkt der virtuellen Sternspannungen $u_{\mu 0}$ ¹⁾ bezeichnet. Bild 1 zeigt ein solches System mit $n = 3$ Leitern bzw. Leiterzweigen. Die virtuellen Sternspannungen lassen sich aus den messbaren Leiter-Leiter-Spannungen u_{12}, u_{23} , usw. nach

$$u_{\mu 0} = \frac{1}{n} \sum_{v=1}^n u_{\mu v} \quad (3a)$$

oder

$$u_{\mu 0} = u_{\mu q} - \frac{1}{n} \sum_{v=1}^n u_{vq} \quad \text{mit } q \in \{1, \dots, n\} \quad (3b)$$

berechnen, wobei

$$u_{\mu v} = -u_{v\mu} \quad \text{und} \quad u_{\mu\mu} = 0 \quad \text{gilt.}$$

1) Messbar durch Bildung eines künstlichen Sternpunkts, z. B. aus n gleichen ohmschen Widerständen

Der hier zusätzlich benutzte Index 0 erlaubt eine vorweggenommene Auswahl eines für zweckmäßig gehaltenen Bezugsleiters für die Spannungsmessungen (z. B. Neutralleiter, wenn bekannt). Damit werden nur $(n - 1)$ Spannungen zur Berechnung der n virtuellen Sternspannungen benötigt.

Größen, die sich auf den n -Leiter-Stromkreis als Ganzes beziehen, werden „**kollektive Größen**“ genannt und mit dem Index Σ gekennzeichnet.

4.2 Augenblickswerte der Leistung, Scheinleistung

Der Augenblickswert der kollektiven Leistung ist folgendermaßen mit den virtuellen Sternspannungen $u_{\mu 0}$ oder den Leiter-Leiter-Spannungen $u_{\mu\nu}$ zu berechnen:

$$P_{\Sigma}(t) = \sum_{\mu=1}^n P_{\mu}(t) = \sum_{\mu=1}^n u_{\mu 0} i_{\mu} = \sum_{\mu=1}^{n-1} u_{\mu n} i_{\mu}. \quad (4)$$

In Gleichung (4) dürfen die Spannungen $u_{\mu 0}$ durch die gegen einen beliebigen Bezugspunkt gemessenen Sternspannungen ersetzt werden. Für die Berechnung der Leistungsmittelwerte $\overline{P_{\mu}(t)}$ und der Scheinleistung S_{μ} der einzelnen Leiterzweige mit den Augenblickswerten $u_{\mu 0}$, i_{μ} gelten die Festlegungen im Abschnitt 3 von DIN 40110-1:1994-03.

Die kollektiven Effektivwerte der Leiterstromstärken und der virtuellen Sternspannungen – gegebenenfalls berechnet aus den Effektivwerten der Leiter-Leiter-Spannungen – sind

$$I_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{\mu=1}^n I_{\mu}^2} \quad (5)$$

und

$$U_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{\mu=1}^n U_{\mu 0}^2} = \sqrt{\frac{1}{2n} \sum_{\mu=1}^n \sum_{\nu=1}^n U_{\mu\nu}^2}. \quad (6)$$

Mit ihnen wird die **kollektive Scheinleistung** S_{Σ} eines n -Leiter-Stromkreises definiert:

$$S_{\Sigma} = U_{\Sigma} I_{\Sigma} \quad (7)$$

Nur wenn die Quotienten $I_{\mu}/U_{\mu 0}$ in allen Leiterzweigen gleich sind, ist die kollektive Scheinleistung gleich der Summe der Scheinleistungen der n Leiterzweige:

$$S_{\Sigma} = \sum_{\mu=1}^n S_{\mu} = \sum_{\mu=1}^n U_{\mu 0} I_{\mu} \quad \text{für} \quad \frac{I_{\mu}}{U_{\mu 0}} = \frac{I_{\Sigma}}{U_{\Sigma}}. \quad (8)$$

Sind die Quotienten $I_{\mu}/U_{\mu 0}$ der Leiterzweige nicht alle gleich, dann wird

$$S_{\Sigma} > \sum_{\mu=1}^n S_{\mu}. \quad (9)$$

4.3 Vierleiter-Stromkreis

Dieser Mehrleiter-Stromkreis mit $n = 4$ enthält auch den wichtigen Fall, dass einer der vier Leiter der Neutralleiter ist und mit N bezeichnet wird (siehe Bild 2). Die Stromstärke des vierten Leiters ergibt sich nach Gleichung (1) zu

$$i_4 = i_N = -(i_1 + i_2 + i_3) \quad (10)$$

und dessen Spannung gegenüber dem virtuellen Sternpunkt nach Gleichung (2) zu

$$u_{40} = u_{N0} = -(u_{10} + u_{20} + u_{30}). \quad (11)$$