

DIN EN 62428

ICS 17.220.01

**Elektrische Energietechnik –
Modale Komponenten in Drehstromsystemen –
Größen und Transformationen (IEC 62428:2008);
Deutsche Fassung EN 62428:2008**

Electric power engineering –
Modal components in three-phase a.c. systems –
Quantities and transformations (IEC 62428:2008);
German version EN 62428:2008

Energie électrique –
Composantes modales dans les systèmes a.c. triphasés –
Grandeurs et transformations (CEI 62428:2008);
Version allemande EN 62428:2008

Gesamtumfang 25 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE
Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG) im DIN

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2008-08-01 angenommene EN 62428 gilt als DIN-Norm ab 2009-02-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN IEC 62428:2006-07.

Für diese Norm ist das nationale Arbeitsgremium GK 112 „Größen, Einheiten und Formelzeichen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 25 „Quantities and units“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem Datum (maintenance result date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ zu dieser Publikation angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

NATIONALE ANMERKUNG zum englischen und französischen Titel der IEC-Publikation: Gemäß IEC 60050-151, Eintrag 151-15-01, soll im Englischen und im Französischen nur die Benennung AC (zwei Großbuchstaben ohne Punkt) zur Kennzeichnung von Wechselgrößen verwendet werden.

Elektrische Energietechnik –
Modale Komponenten in Drehstromsystemen –
Größen und Transformationen
(IEC 62428:2008)

Electric power engineering –
Modal components
in three-phase a.c. systems –
Quantities and transformations
(IEC 62428:2008)

Energie électrique –
Composantes modales
dans les systèmes a.c. triphasés –
Grandeurs et transformations
(CEI 62428:2008)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2008-08-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

© 2008 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 62428:2008 D

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 25/382/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 62428, ausgearbeitet von dem IEC/TC 25 „Quantities and units“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2008-08-01 als EN 62428 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2009-05-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2011-08-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 62428:2008 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung sind unter „Literaturhinweise“ zu den aufgelisteten Normen die nachstehenden Anmerkungen einzutragen:

IEC 60909-0	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60909-0:2001 (nicht modifiziert).
IEC 61660	ANMERKUNG	Harmonisiert in der Reihe EN 61660 (nicht modifiziert).

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe und Größen	4
3.1 Allgemeines	4
3.2 Begriffe	4
4 Modaltransformation	6
4.1 Allgemeines	6
4.2 Leistung in modalen Komponenten	6
4.3 Gebräuchliche Transformationen	9
5 Entkopplung in Drehstromsystemen	15
5.1 Entkopplung im Fall von stationären Zuständen bei sinusförmigen Größen	15
5.2 Entkopplung unter transienten Bedingungen	18
Literaturhinweise	22
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	23
 Bild 1 – Ersatzschaltbild mit den Quellenspannungen $\underline{U}_{L1Q}$, $\underline{U}_{L2Q}$, $\underline{U}_{L3Q}$ am Anschlusspunkt Q und Erdung am Neutralpunkt N über die Impedanz $\underline{Z}_N = R_N + jX_N$	15
 Bild 2 – Drei entkoppelte Systeme, die das gekoppelte Drehstromsystem im Bild 1 unter den beschriebenen Bedingungen ersetzen (siehe Text)	18
 Tabelle 1 – Leistungsvariante Form der modalen Komponenten und Transformationsmatrizen	10
Tabelle 2 – Leistungsinvariante Form der modalen Komponenten und Transformationsmatrizen	11
Tabelle 3 – Clark-, Park- und Raumzeigerkomponenten – Modaltransformationen in leistungsvarianter Form	12
Tabelle 4 – Clark-, Park- und Raumzeigerkomponenten – Modaltransformationen in leistungsinvarianter Form	13
Tabelle 5 – Transformationsmatrizen in leistungsvarianter Form für Zeigergrößen	14
Tabelle 6 – Transformationsmatrizen in leistungsinvarianter Form für Zeigergrößen	14
Tabelle 7 – Modale Spannungen und Impedanzen für Zeigergrößen	17
Tabelle 8 – Modale Spannungen und Induktivitäten unter transienten Bedingungen	21

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm beschreibt die Transformation der Originalgrößen in modale Größen für die in der Energietechnik vorwiegend eingesetzten Drehstromsysteme.

Die Untersuchung der Betriebszustände und der transienten Erscheinungen in Drehstromsystemen wird durch die resistive, induktive und kapazitive Kopplung zwischen den Strang- und Leitergrößen erschwert. Die Beschreibung und Berechnung der Vorgänge in den Drehstromnetzen wird einfacher, wenn die gekoppelten Größen in modale Größen transformiert werden. Die Berechnung wird besonders einfach, wenn die Transformation zu entkoppelten modalen Systemen führt. Die originalen Impedanz- und Admittanzmatrizen werden zu modalen Impedanz- und Admittanzmatrizen transformiert. Im Fall der entkoppelten modalen Größen werden die modalen Impedanz- und Admittanzmatrizen zu Diagonalmatrizen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60050-141, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 141: Polyphase systems and circuits*

3 Begriffe und Größen

3.1 Allgemeines

Größen in dieser Norm sind gewöhnlich zeitabhängig. Diese Größen sind z. B. elektrische Ströme, Spannungen, Flussverkettungen, Durchflutungen, elektrische und magnetische Flüsse.

Für reelle Momentanwertgrößen wird das Symbol g , für komplexe Momentanwertgrößen das Symbol $\underline{g}$ und für Zeiger (komplexe Effektivwertgrößen) das Symbol $\underline{G}$ benutzt.

ANMERKUNG Komplexe Größen sind in dieser Norm unterstrichen. Konjugiert komplexe Größen sind zusätzlich durch einen hochgestellten Stern gekennzeichnet (*). Matrizen und Spaltenvektoren sind kursiv fett gedruckt.

3.2 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60050-141 und die folgenden.

3.2.1

Originalgrößen

Größen g oder $\underline{g}$ eines Drehstromsystems

ANMERKUNG Generell werden die Indizes 1, 2, 3 benutzt; zusätzliche Indizes, z. B. L1, L2, L3 wie in IEC 60909, IEC 60865 und IEC 61660 gebräuchlich, dürfen hinzugefügt werden.

3.2.2

modale Komponenten

Größen g_M , $\underline{g}_M$ oder $\underline{G}_M$, die sich durch eine Transformation der Originalgrößen entsprechend Abschnitt 4 ergeben.

ANMERKUNG Zusätzliche Indizes 1, 2, 3 werden verwendet.

3.2.3

Spaltenvektor

Spaltenmatrix, die die Originalgrößen oder modalen Komponenten eines Drehstromsystems enthält

ANMERKUNG Spaltenvektoren werden bezeichnet als $\underline{g}$ oder $\underline{g}_M$ bzw. $\underline{G}$ oder $\underline{G}_M$.

3.2.4

Modaltransformation

Matrizengleichung $\underline{T} \underline{g}_M = \underline{g}$ für einen Spaltenvektor $\underline{g}_M$ mit den drei unbekannten modalen Größen, wobei der Spaltenvektor $\underline{g}$ die drei Originalgrößen enthält und $\underline{T}$ eine 3×3 -Transformationsmatrix ist

ANMERKUNG Die Transformation kann leistungsvariant oder leistungsinvariant sein, siehe Tabellen 1 und 2.

3.2.5

inverse Modaltransformation

Lösung $\underline{g}_M = \underline{T}^{-1} \underline{g}$ der Modaltransformation für den Spaltenvektor $\underline{g}_M$ der drei modalen Größen, ausgedrückt durch das Produkt der inversen Transformationsmatrix $\underline{T}^{-1}$ mit dem Spaltenvektor $\underline{g}$ der drei Originalgrößen

3.2.6

Transformation in symmetrische Komponenten

Fortescue-Transformation

lineare Modaltransformation mit konstanten komplexen Matrixelementen, die die Zeiger der drei Originalgrößen eines Drehstromsystems in die drei Referenzzeiger von drei symmetrischen Dreileitersystemen, die so genannten symmetrischen Komponenten, bestehend aus einem Mit-, einem Gegen- und einem Nullsystem, überführt

ANMERKUNG 1 Die Transformation in symmetrische Komponenten wird beispielsweise verwendet für die Beschreibung von stationären Unsymmetriezuständen in Drehstromsystemen.

ANMERKUNG 2 Siehe Tabellen 1 und 2.

3.2.7

Transformation in Raumzeiger-Komponenten

lineare Modaltransformation mit konstanten oder winkelabhängigen Matrixelementen, die die Momentanwerte der Originalgrößen eines Drehstromsystems in einen Raumzeiger in einem rotierenden oder ruhenden Koordinatensystem, dessen konjugiert komplexen Raumzeiger und eine reelle Nullkomponente überführt

ANMERKUNG 1 Im englischsprachigen Schrifttum wird für den Raumzeiger „space phasor“ auch die Benennung „space vector“ gebraucht.

ANMERKUNG 2 Die Raumzeigertransformation wird beispielsweise verwendet für die Beschreibung transienter Vorgänge in Drehstromsystemen und Drehstrommaschinen.

ANMERKUNG 3 Siehe Tabellen 1 und 2.

3.2.8

Transformation in $\alpha\beta 0$ -Komponenten

Clarke-Transformation

lineare Modaltransformation mit konstanten reellen Matrixelementen, die die Momentanwerte der Originalgrößen eines Drehstromsystems in den Real- und Imaginärteil eines Raumzeigers in ruhenden Koordinaten und eine reelle Nullkomponente oder die Zeiger der Originalgrößen eines Drehstromsystems in zwei Zeiger (α -und β -Zeiger) und einen Nullsystemzeiger überführt

ANMERKUNG 1 Die leistungsvariante Form des Raumzeigers ist $\underline{g}_s = g_\alpha + j g_\beta$, die leistungsinvariante Form ist

$$\underline{g}_s = \frac{1}{\sqrt{2}} (g_\alpha + j g_\beta).$$

ANMERKUNG 2 Die $\alpha\beta 0$ -Transformation wird beispielsweise verwendet für die Beschreibung von transienten Unsymmetriezuständen in Drehstromsystemen.

ANMERKUNG 3 Siehe Tabellen 1 und 2.

3.2.9

Transformation in dq0-Komponenten

Park-Transformation

lineare Modaltransformation mit sinusförmigen drehwinkelabhängigen Matrixelementen, die die Momentanwerte der Originalgrößen eines Drehstromsystems in den Real- und Imaginärteil eines Raumzeigers in rotierenden Koordinaten und eine reelle Nullkomponente überführt

ANMERKUNG 1 Die leistungsvariante Form des Raumzeigers ist $\underline{g}_r = g_d + j g_q$, die leistungsinvariante Form ist

$$\underline{g}_r = \frac{1}{\sqrt{2}} (g_d + j g_q).$$

ANMERKUNG 2 Die dq0-Transformation wird gewöhnlich für die Beschreibung von transienten Vorgängen in Synchronmaschinen verwendet.

ANMERKUNG 3 Siehe Tabellen 1 und 2.

4 Modaltransformation

4.1 Allgemeines

Die Originalgrößen g_1, g_2, g_3 und die modalen Komponenten $\underline{g}_{M1}, \underline{g}_{M2}, \underline{g}_{M3}$ sind durch die folgenden Transformationsgleichungen miteinander verknüpft:

$$\begin{pmatrix} g_1 \\ g_2 \\ g_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t_{11} & t_{12} & t_{13} \\ t_{21} & t_{22} & t_{23} \\ t_{31} & t_{32} & t_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \underline{g}_{M1} \\ \underline{g}_{M2} \\ \underline{g}_{M3} \end{pmatrix} \quad (1)$$

oder in Kurzform:

$$\underline{g} = \underline{T} \underline{g}_M \quad (2)$$

Die Elemente t_{ik} der Transformationsmatrix $\underline{T}$ können reell oder teilweise komplex sein. Die Transformationsmatrix muss notwendigerweise regulär sein, damit die zu Gleichung (2) inverse Beziehung gültig ist:

$$\underline{g}_M = \underline{T}^{-1} \underline{g} \quad (3)$$

Wenn die Originalgrößen sinusförmige Größen gleicher Frequenz sind, ist es möglich, diese durch Zeiger zu ersetzen und die Transformationsgleichungen (2) und (3) in analoger Form mit konstanten Matrizenelementen zu schreiben:

$$\begin{pmatrix} \underline{G}_1 \\ \underline{G}_2 \\ \underline{G}_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t_{11} & t_{12} & t_{13} \\ t_{21} & t_{22} & t_{23} \\ t_{31} & t_{32} & t_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \underline{G}_{M1} \\ \underline{G}_{M2} \\ \underline{G}_{M3} \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$\underline{G} = \underline{T} \underline{G}_M \quad (5)$$

$$\underline{G}_M = \underline{T}^{-1} \underline{G} \quad (6)$$

4.2 Leistung in modalen Komponenten

Die Transformationsbeziehungen werden entweder in leistungsvarianter Form, wie sie in Tabelle 1 angegeben sind, oder in leistungsinvarianter Form, wie sie in Tabelle 2 angegeben sind, verwendet.