

	Messwandler Teil 8: Elektronische Stromwandler (IEC 60044-8:2002) Deutsche Fassung EN 60044-8:2002	DIN EN 60044-8
VDE	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Vorstand beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter nebenstehenden Nummern in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekannt gegeben worden.	Klassifikation VDE 0414 Teil 44-8
ICS 17.220.20 Instrument transformers Part 8: Electronic current transformers (IEC 60044-8:2002) German version EN 60044-8:2002 Transformateurs de mesure Partie 8: Transformateurs de courant électroniques (CEI 60044-8:2002) Version allemande EN 60044-8:2002 Die Europäische Norm EN 60044-8:2002 hat den Status einer Deutschen Norm. Beginn der Gültigkeit Die EN 60044-8 wurde am 2002-09-01 angenommen. Nationales Vorwort Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 471 „Messwandler“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE zuständig. Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN IEC 38/225/CD (VDE 0414 Teil 217):1999-06. Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 38 „Instrument transformers“ erarbeitet. Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zum Jahr 2005 unverändert bleiben soll. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation – bestätigt, – zurückgezogen, – durch eine Folgeausgabe ersetzt oder – geändert. Fortsetzung Seite 2 bis 5 und 132 Seiten EN DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE		

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

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.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist nachstehend wiedergegeben.

IEC hat 1997 die Benummerung der IEC-Publikationen geändert. Zu den bisher verwendeten Normnummern wird jeweils 60000 addiert. So ist zum Beispiel aus IEC 68 nun IEC 60068 geworden.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC 60028:1925	–	–
Normen der Reihe EN 60044	Normen der Reihe IEC 60044	Normen der Reihe DIN EN 60044 (VDE 0414)	Normen der Reihe VDE 0414
–	IEC 60050(161):1990	–	–
–	IEC 60050(321):1986	–	–
–	IEC 60050(601):1985	–	–
–	IEC 60050(604):1987	–	–
HD 348 S3:1989	IEC 60056	DIN VDE 0670-101 (VDE 0670 Teil 101):1992-12*)	VDE 0670 Teil 101
		DIN VDE 0670-102 (VDE 0670 Teil 102):1992-12*)	VDE 0670 Teil 102
		DIN VDE 0670-103 (VDE 0670 Teil 103):1992-10*)	VDE 0670 Teil 103
		DIN VDE 0670-104 (VDE 0670 Teil 104):1992-10*)	VDE 0670 Teil 104
		DIN VDE 0670-105 (VDE 0670 Teil 105):1992-10*)	VDE 0670 Teil 105
		DIN VDE 0670-106 (VDE 0670 Teil 106):1992-10*)	VDE 0670 Teil 106
ersetzt durch: EN 62271-100:2001	ersetzt durch: IEC 62271-100:2001	–	–
HD 588.1 S1:1991	IEC 60060-1:1989 + Corr. März 1990	DIN IEC 60060-1 (VDE 0432 Teil 1):1994-06	VDE 0432 Teil 1
–	Normen der Reihe IEC 60068	–	–

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60071-1:1995	IEC 60071-1:1993	DIN EN 60071-1 (VDE 0111 Teil 1):1996-07	VDE 0111 Teil 1
HD 566 S1:1990	IEC 60085:1984	DIN IEC 60085 (VDE 0301 Teil 1):1993-03	VDE 0301 Teil 1
–	IEC 60121	–	–
EN 60255-5:2001	IEC 60255-5:2000	DIN EN 60255-5 (VDE 0435 Teil 130):2001-12	VDE 0435 Teil 130
–	IEC 50255-22-1:1988	–	–
–	IEC 60296	E DIN IEC 60296 (VDE 0370 Teil 1):2001-02	VDE 0370 Teil 1
–	IEC 60304:1982	DIN IEC 60304:1987-01	–
–	IEC 60376:1971 IEC 60376B:1974	DIN IEC 60376 (VDE 0373 Teil 1):1980-04	VDE 0373 Teil 1
Normen der Reihe EN 60417	Normen der Reihe IEC 60417	Normen der Reihe DIN EN 60417	–
–	IEC 60480:1974	DIN IEC 60480 (VDE 0373 Teil 2):1980-04	VDE 0373 Teil 2
EN 60529:1991 + A1:2000	IEC 60529:1989 + A1:1999	DIN EN 60529 (VDE 0470 Teil 1):2000-09	VDE 0470 Teil 1
HD 625.1 S1:1996	IEC 60664-1:1992 (mod)	DIN VDE 0110-1 (VDE 0110 Teil 1):1997-04	VDE 0110 Teil 1
EN 60694:1996 + A1:2000 + A2:2001	IEC 60694:1996 + Corr. 1:2001 + A1:2000 + A2:2001 + Corr. 1:2001	DIN EN 60694 (VDE 0670 Teil 1000):2002-09	VDE 0670 Teil 1000
EN 60707:1999	IEC 60707:1999	DIN EN 60707 (VDE 0304 Teil 3):1999-12	VDE 0304 Teil 3
EN 60721-3-3:1995 + A2:1997	IEC 60721-3-3:1994 + A2:1996	DIN EN 60721-3-3:1995-09 DIN EN 60721-3-3/A1:1997-07	– –
EN 60721-3-4:1995 + A1:1997	IEC 60721-3-4:1995 + A1:1996	DIN EN 60721-3-4:1995-09 DIN EN 60721-3-4/A1:1997-07	– –
–	Normen der Reihe IEC 60794	Normen der Reihe DIN EN 60794 (VDE 0888)	VDE 0888
–	IEC 60812:1985	E DIN IEC 60812:2001-10	–
–	IEC 60815:1986	–	–
EN 60870-5-1:1993	IEC 60870-5-1:1990	DIN EN 60870-5-1:1994-07	–
Normen der Reihe EN 61000	Normen der Reihe IEC 61000	Normen der Reihe DIN EN 61000 (VDE 0839)	VDE 0839
–	IEC 61025:1990	DIN IEC 61025:1993-12	–
EN 61166:1993	IEC 61166:1993	DIN EN 61166 (VDE 0670 Teil 111):1994-08	VDE 0670 Teil 111
–	IEC/TS 61462:1998	–	–

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
Normen der Reihe prEN 61850	Normen der Reihe IEC 61850	Normen der Reihe E DIN EN 61850	–
–	CISPR 11:1999	–	–
–	EIA RS-485	–	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

Normen der Reihe DIN EN 60044 (VDE 0414), *Messwandler (IEC 60044)*; Deutsche Fassung EN 60044.

Normen der Reihe DIN VDE 0670 (VDE 0670), *Wechselstromschaltgeräte für Spannungen über 1 kV*.

DIN IEC 60060-1 (VDE 0432 Teil 1), *Hochspannungs-Prüftechnik – Allgemeine Festlegungen zu Prüfbedingungen (IEC 60060-1:1989 + Corrigendum März 1990)*; Deutsche Fassung HD 588.1 S1:1991.

DIN EN 60071-1 (VDE 0111 Teil 1), *Isolationskoordination – Begriffe, Grundsätze und Anforderungen (IEC 60071-1:1993)*; Deutsche Fassung EN 60071-1:1995.

DIN IEC 60085 (VDE 0301 Teil 1), *Bewertung und Klassifikation von elektrischen Isolierungen nach ihrem thermischen Verhalten (Identisch mit IEC 60085:1984)*; Deutsche Fassung HD 566 S1:1990.

DIN EN 60255-5 (VDE 0435 Teil 130), *Elektrische Relais – Isolationskoordination für Messrelais und Schutz Einrichtungen – Anforderungen und Prüfungen (IEC 60255-5:2000)*; Deutsche Fassung EN 60255-5:2001.

E DIN IEC 60296 (VDE 0370 Teil 1), *Bestimmung für neue Isolieröle für Transformatoren und Schaltgeräte (IEC 10/490/CD:2000)*.

DIN IEC 60304, *Standardfarben der Isolierung von Niederfrequenz-Kabeln und -Drähten*; Identisch mit IEC 60304:1982.

DIN IEC 60376 (VDE 0373 Teil 1), *Bestimmung für neues Schwefelhexafluorid (SF₆) – Anforderungen und Abnahmeprüfungen*.

Normen der Reihe DIN EN 60417, *Graphische Symbole für Betriebsmittel (IEC 60417)*; Deutsche Fassung EN 60417.

DIN IEC 60480 (VDE 0373 Teil 2), *Richtlinie für die Prüfung von SF₆ nach Entnahme aus elektrischen Betriebsmitteln*.

DIN EN 60529 (VDE 0470 Teil 1), *Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code) (IEC 60529:1989 + A1:1999)*; Deutsche Fassung EN 60529:1991 + A1:2000.

DIN VDE 0110-1 (VDE 0110 Teil 1), *Isolationskoordination für elektrische Betriebsmittel in Niederspannungsanlagen – Grundsätze, Anforderungen und Prüfungen (IEC 60664-1:1992, mod.)*; Deutsche Fassung HD 625.1 S1:1996.

DIN EN 60694 (VDE 0670 Teil 1000), *Gemeinsame Bestimmungen für Hochspannungs-Schaltgeräte-Normen (IEC 60694:1996 + Corr. 1:2001 + A1:2000 + A2:2001 + Corr. 1:2001)*; Deutsche Fassung EN 60694:1996 + A1:2000 + A2:2001.

DIN EN 60707 (VDE 0304 Teil 3), *Entflammbarkeit fester, nichtmetallischer Materialien bei Einwirkung von Flammen als Zündquelle – Liste der Prüfverfahren (IEC 60707:1999); Deutsche Fassung EN 60707:1999.*

DIN EN 60721-3-3, *Klassifizierung von Umweltbedingungen – Teil 3: Klassen von Umwelteinflussgrößen und deren Grenzwerte – Hauptabschnitt 3: Ortsfester Einsatz, wettergeschützt (IEC 60721-3-3:1994); Deutsche Fassung EN 60721-3-3:1995.*

DIN EN 60721-3-3/A2, *Klassifizierung von Umweltbedingungen – Teil 3: Klassen von Umwelteinflussgrößen und deren Grenzwerte – Hauptabschnitt 3: Ortsfester Einsatz, wettergeschützt – Änderung A2 (IEC 60721-3-3:1994/A2:1996); Deutsche Fassung EN 60721-3-3:1995/A2:1997.*

DIN EN 60721-3-4, *Klassifizierung von Umweltbedingungen – Teil 3: Klassen von Umwelteinflussgrößen und deren Grenzwerte – Hauptabschnitt 4: Ortsfester Einsatz, nicht wettergeschützt (IEC 60721-3-4:1995); Deutsche Fassung EN 60721-3-4:1995.*

DIN EN 60721-3-4/A1, *Klassifizierung von Umweltbedingungen – Teil 3: Klassen von Umwelteinflussgrößen und deren Grenzwerte – Hauptabschnitt 4: Ortsfester Einsatz, nicht wettergeschützt – Änderung A1 (IEC 60721-3-4:1995/A1:1996); Deutsche Fassung EN 60721-3-4:1995/A1:1997.*

Normen der Reihe DIN EN 60794 (VDE 0888), *Lichtwellenleiterkabel (IEC 60794); Deutsche Fassung EN 60794.*

E DIN IEC 60812, *Analysetechniken für die Funktionsfähigkeit von Systemen – Verfahren für die Fehlerart- und -auswirkungsanalyse (FMEA) (IEC 56/735/CD:2001).*

DIN EN 60870-5-1, *Fernwirkleinrichtungen und -systeme – Teil 5: Übertragungsprotokolle – Hauptabschnitt 1: Telegrammformate (IEC 60870-5-1:1990); Deutsche Fassung EN 60870-5-1:1993.*

Normen der Reihe DIN EN 61000 (VDE 0839), *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) (IEC 61000); Deutsche Fassung EN 61000.*

DIN IEC 61025, *Störungsbaumanalyse; Identisch mit IEC 61025:1990.*

DIN EN 61166 (VDE 0670 Teil 111), *Hochspannungs-Wechselstrom-Leistungsschalter – Leitfaden für die Erdbeben-Qualifikation von Hochspannungs-Wechselstrom-Leistungsschaltern (IEC 61166:1993); Deutsche Fassung EN 61166:1993.*

Normen der Reihe E DIN EN 61850, *Kommunikationsnetze und -systeme in Stationen (IEC 61850); Deutsche Fassung prEN 61850.*

– Leerseite –

Deutsche Fassung

Messwandler
Teil 8: Elektronische Stromwandler
(IEC 60044-8:2002)

Instrument transformers
Part 8: Electronic current transformers
(IEC 60044-8:2002)

Transformateurs de mesure
Partie 8: Transformateurs de courant
électroniques
(CEI 60044-8:2002)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2002-09-01 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, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn und dem Vereinigten Königreich.

CENELEC

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

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	7
1 Anwendungsbereich	8
1.1 Allgemeines	8
1.2 Allgemeines Blockschaltbild eines elektronischen Stromwandlers	9
1.3 Allgemeines Blockschaltbild eines elektronischen Messwandlers mit Digitalausgang	9
2 Normative Verweisungen	10
3 Begriffe	12
3.1 Allgemeine Begriffe	12
3.2 Zusätzliche Begriffe für elektronische Stromwandler für Messzwecke	19
3.3 Zusätzliche Begriffe für elektronische Stromwandler für Schutzzwecke	20
3.4 Zusätzliche Begriffe für den Digitalausgang	23
3.5 Zusätzliche Begriffe für den analogen Spannungsausgang	23
3.6 Verzeichnis der Hauptbegriffe und Abkürzungen	24
4 Normale und besondere Betriebsbedingungen	25
4.1 Allgemeines	25
4.2 Normale Betriebsbedingungen	25
4.3 Besondere Betriebsbedingungen	27
4.4 Netzerdung	28
5 Bemessungswerte	29
5.1 Allgemeine Bemessungswerte	29
5.2 Normwerte des Bemessungsphasenversatzes	32
5.3 Bemessung des Digitalausgangs	33
5.4 Bemessung des analogen Spannungsausgangs	34
6 Konstruktionsanforderungen	34
6.1 Allgemeine Konstruktionsanforderungen	34
6.2 Konstruktionsanforderungen an den Digitalausgang	44
6.3 Konstruktionsanforderungen für den analogen Spannungsausgang	62
7 Einteilung der Prüfungen	62
7.1 Allgemeines	62
7.2 Typprüfungen	63
7.3 Stückprüfungen	63
7.4 Sonderprüfungen	64
8 Typprüfungen	64
8.1 Kurzzeitstromprüfungen	64
8.2 Erwärmungsprüfung	65
8.3 Stoßspannungsprüfungen an Primäranschlüssen	65
8.4 Regenprüfung für elektronische Stromwandler für den Freilufteinsatz	68
8.5 Funkstörspannungsprüfungen (RIV-Prüfungen)	68

8.6	Prüfung der übertragenen Überspannungen	68
8.7	Prüfung der Spannungsfestigkeit der Niederspannungskomponenten	68
8.8	Prüfung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV-Prüfung)	69
8.9	Genauigkeitsprüfungen	72
8.10	Zusätzliche Genauigkeitsprüfungen bei elektronischen Stromwandlern für Schutzzwecke	74
8.11	Überprüfung des Schutzes	74
8.12	Dichtheitsprüfung	75
8.13	Vibrationsprüfungen	75
8.14	Zusätzliche Typprüfungen für den Digitalausgang	76
9	Stückprüfungen	77
9.1	Überprüfung der Anschlusskennzeichnungen	77
9.2	Steh-Wechselspannungsprüfung an Primäranschlüssen und Teilentladungsmessung	77
9.3	Steh-Wechselspannungsprüfung für Niederspannungsbaulemente	77
9.4	Genauigkeitsprüfungen	77
9.5	Dichtheitsprüfung	78
9.6	Zusätzliche Stückprüfungen für den Digitalausgang	78
9.7	Zusätzliche Stückprüfungen für den Analogausgang	78
10	Sonderprüfungen	78
10.1	Prüfung der Primärwicklung mit abgeschnittener Blitzstoßspannung	78
10.2	Messung der Kapazität und des dielektrischen Verlustfaktors	78
10.3	Mechanische Prüfungen	78
10.4	Prüfungen der Genauigkeit bei Oberschwingungen	79
10.5	Auf die angewandte Technologie bezogene Prüfungen	79
11	Kennzeichnung	80
11.1	Anschlussbezeichnungen – Allgemeine Festlegungen	80
11.2	Kennzeichnungen des Leistungsschildes	81
12	Zusätzliche Anforderungen an elektronische Stromwandler zu Messzwecken	84
12.1	Angabe der Genauigkeitsklasse	84
12.2	Grenzwerte der Strommessabweichung und des Fehlwinkels bei Bemessungsfrequenz	84
12.3	Anforderungen an die Messgenauigkeit bei Oberschwingungen	85
13	Zusätzliche Anforderungen an elektronische Stromwandler zu Schutzzwecken	85
13.1	Genauigkeitsklassen	85
13.2	Anforderungen an die Messgenauigkeit bei Oberschwingungen	86
14	Angaben bei Anfragen, Angeboten und Bestellungen	86
14.1	Bezeichnungsangaben	86
14.2	Funktionstüchtigkeit	87
15	Richtlinien für Transport, Lagerung und Installation	88
15.1	Bedingungen während des Transportes, der Lagerung und Installation	88
15.2	Installation	88

	Seite
15.3 Auspacken und Anheben	88
15.4 Zusammenbau	88
15.5 Betrieb	89
15.6 Wartung	89
16 Sicherheit	92
16.1 Elektrische Aspekte	92
16.2 Mechanische Aspekte	92
16.3 Thermische Aspekte	92
Anhang A (informativ) Transientes Übertragungsverhalten von elektronischen Stromwandlern	93
Anhang B (informativ) Technische Informationen über elektronische Stromwandler mit Digitalausgang	100
Anhang C (informativ) Technische Informationen über elektronische Stromwandler mit Analogausgang	111
Anhang D (normativ) Frequenzverhalten und Anforderungen an die Genauigkeit bei Oberschwingungen für elektronische Strom- oder Spannungswandler	119
Anhang E (informativ) Diagramm zur Erläuterung der Genauigkeitsanforderungen	126
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	127
Literaturverzeichnis	131
 Bild 1 – Allgemeines Blockschaltbild eines einphasigen elektronischen Stromwandlers	 9
Bild 2 – Blockschaltbild der digitalen Schnittstelle	9
Bild 3 – Höhenkorrekturfaktoren	27
Bild 4 – Manchester-Kodierung	44
Bild 5 – Eigenschaften des optischen Pulses	46
Bild 6 – Prüfschaltung zur Überprüfung des optischen Pulses	46
Bild 7 – Kupferkabel-Schnittstelle	48
Bild 8 – Augendiagramm	49
Bild 9 – Kettenförmige Anschlussweise	50
Bild 10 – Format des Datenübertragungsrahmens nach FT3	52
Bild 11 – Statuswort#1	58
Bild 12 – Statuswort#2	59
Bild 13 – Universeller Rahmen	60
Bild 14 – Pulsform des Takteingangs	61
Bild 15 – Beispiel für Teilbaugruppen, die EMV-Prüfungen unterworfen werden	70
Bild 16 – Genauigkeitsmessung bei Temperaturänderungen	73
Bild A.1 – Netzersatzschaltplan	93
Bild A.2 – Komplexer Netzersatzschaltplan im Kurzschlussfall	94
Bild A.3 – Elektrisches Ersatzschaltbild eines magnetischen Stromwandlers im Kurzschlussfall	95
Bild A.4 – Der induktive Blindwiderstand des Stromwandlers ohne Remanenz	95
Bild A.5 – Der induktive Blindwiderstand des Stromwandlers mit Remanenz	96

Bild A.6 – Beispiel für den induktiven Blindwiderstand eines Stromwandlers der Klasse TPZ.	97
Bild A.7 – Beispiel für den induktiven Blindwiderstand eines Stromwandlers der Klasse TPY.	98
Bild B.1 – Zusammenfassung von ECT und EVT zur Bildung des Digitalausgangs	100
Bild B.2 – Synchronisierte Abtastwerte des Stromes aus Feld 1 und 2, berechnet aus den nicht synchronisierten Abtastwerten aus Feld 1 bzw. Feld 2	103
Bild B.3 – Abtastwerte der Ströme aus Feld 1 und 2, die durch einen gemeinsamen Takt synchron abgetastet wurden.....	103
Bild B.4 – Definition des Fehlwinkels beim Digitalausgang	104
Bild B.5 – Prüfschaltung zur Genauigkeitsmessung	105
Bild B.6 – Vergleich der Messabweichungen in herkömmlichen Messsystemen und Systemen mit elektronischen Messwandlern mit Digitalausgang.....	110
Bild C.1 – Prüfschaltung zur Genauigkeitsmessung im stationären Zustand	112
Bild C.2 – Wandler mit Eisenkern	113
Bild C.3 – Ersatzschaltbild des Stromwandlers mit Eisenkern und Spannungsausgang	114
Bild C.4 – Luftspule ohne Integrator.....	115
Bild C.5 – Ersatzschaltung des Stromwandlers mit Luftspule ohne Integrator und Spannungsausgang	116
Bild C.6 – Zeigerdiagramm der Luftspule.....	117
Bild D.1 – Digitales Datenerfassungssystem	122
Bild E.1 – Genauigkeitsgrenzen eines Mehrzweck-Stromwandlers	126
 Tabelle 1 – Temperaturklassen.....	 26
Tabelle 2 – Grenzwerte für Übertemperaturen des Wandlers	31
Tabelle 3 – Gleichspannung.....	31
Tabelle 4 – Wechselspannung	32
Tabelle 5 – Bemessungswerte des Digitalausgangs	33
Tabelle 6 – Spannungsfestigkeit der Niederspannungskomponenten	35
Tabelle 7 – Kriechwege für gegebene Verschmutzungsgrade	36
Tabelle 8 – Störfestigkeitsanforderungen und -prüfungen	37
Tabelle 9 – Statische Prüflasten	39
Tabelle 10 – Kompatibles LWL-Übertragungssystem.....	45
Tabelle 11 – Normkompatibles Übertragungssystem mit Kupferleitern für eine Simplex-Punkt-zu- Punkt-Verbindung	47
Tabelle 12 – Datenkanalbelegung für DataSetName = 01, allgemeine Anwendungen.....	54
Tabelle 13 – Steckverbindungen.....	62
Tabelle 14 –An die Primäranschlüsse anzulegende Prüfkräfte	79
Tabelle 15 – Anschlusskennzeichnungen.....	80
Tabelle 16 – Angaben auf dem Leistungsschild	82
Tabelle 17 – Grenzwerte für Messabweichung und Fehlwinkel	84
Tabelle 18 – Grenzwerte für Messabweichung und Fehlwinkel bei Stromwandlern für Sonderanwendungen	84
Tabelle 19 – Grenzwerte für die Messabweichung.....	85

	Seite
Tabelle 20 – Grenzwerte für Messabweichungen und Fehlwinkel.....	86
Tabelle 21 – Bezeichnungsangaben für einen elektronischen Stromwandler	87
Tabelle B.1 – Beispiel für besondere Belegung der Datenkanäle: Leitungsschutz und Synchronisation einer 1½ Leistungsschalter-Anordnung mit kombinierten Strom- und Spannungswandlern auf jeder Seite der Leistungsschalter	101

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 38/280/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 60044-8, ausgearbeitet von dem IEC TC 38 „Instrument transformers“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2002-09-01 als EN 60044-8 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): 2003-06-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2005-09-01

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norminhalt.

Anhänge, die als „informativ“ bezeichnet sind, enthalten nur Informationen.

In dieser Norm sind die Anhänge D und ZA normativ und sind die Anhänge A, B, C und E informativ.

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60044-8:2002 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 60038	ANMERKUNG	Harmonisiert als HD 472 S1:1989 (modifiziert).
Reihe IEC 60068-2	ANMERKUNG	Harmonisiert in den Reihen EN 60068-2/HD 323.2 (nicht modifiziert).
IEC 60071-2	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60071-2:1997 (nicht modifiziert).
IEC 60255-24	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60255-24:2001 (nicht modifiziert).
IEC 60270	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60270:2001 (nicht modifiziert).
IEC 60437	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60437:1997 (nicht modifiziert).
IEC 60567	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60567:1992 (nicht modifiziert).
IEC 60599	ANMERKUNG	EN 60599:1999 basiert auf IEC 60599:1999 (nicht modifiziert).
IEC 60721-2-2	ANMERKUNG	Harmonisiert als HD 478.2.2 S1:1990 (nicht modifiziert).
IEC 60721-2-4	ANMERKUNG	Harmonisiert als HD 478.2.4 S1:1989 (nicht modifiziert).
IEC 61508-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61508-1:2001 (nicht modifiziert).
IEC 61508-3	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61508-3:2001 (nicht modifiziert).
IEC 61754-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61754-1:1997 (nicht modifiziert).
CEI 61754-15	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61754-15:2001 (nicht modifiziert).

1 Anwendungsbereich

1.1 Allgemeines

Der vorliegende Teil der IEC 60044 gilt für neu hergestellte elektronische Stromwandler (ECT – electronic current transformer) mit einem analogen Spannungsausgang oder einem Digitalausgang zum Einsatz mit elektrischen Messgeräten und elektrischen Schutzeinrichtungen bei Frequenzen von 15 Hz bis 100 Hz.

ANMERKUNG Zusätzliche Anforderungen, welche die Bandbreite betreffen, wurden ebenfalls berücksichtigt. Anforderungen an die Genauigkeit bei Oberschwingungen finden sich im technischen [Anhang B](#).

[Abschnitt 12](#) enthält die Anforderungen an die Genauigkeit, die für elektronische Stromwandler für den Einsatz mit elektrischen Messgeräten erforderlich sind.

[Abschnitt 13](#) enthält die Anforderungen an die Genauigkeit, die für elektronische Stromwandler für den Einsatz mit elektrischen Schutzgeräten und besonders für Schutzarten erforderlich sind, in denen es die Hauptanforderung ist, die Genauigkeit bis zum mehrfachen Bemessungsstrom beizubehalten. Sofern benötigt, werden in diesem Abschnitt auch Anforderungen an die Genauigkeit bei transienten Vorgängen aufgestellt.

Elektronische Stromwandler, die sowohl für Messungen als auch für Schutz vorgesehen sind, müssen allen Abschnitten der vorliegenden Norm entsprechen. Sie werden als Mehrzweckstromwandler (multipurpose electronic current transformers) bezeichnet.

Die Wandlertechnologie kann auf optischen Anordnungen, die mit elektrischen Bauelementen ausgerüstet sind, auf Luftspulen (mit einem eingebauten Integrationsglied oder ohne) oder auf Spulen mit Eisenkern und integrierten Bürden beruhen. Bei Letzteren dient die Bürde zur Strom-Spannungswandlung und kann durch elektronische Komponenten ergänzt werden.

Bei Analogausgang kann der elektronische Stromwandler die sekundäre Signalleitung beinhalten. Beispiele für Stromwandlertechnologien, die Luftspulen oder Spulen mit Eisenkern und integriertem Shunt nutzen, finden sich in [Anhang C](#).

Beim Digitalausgang berücksichtigt die vorliegende Norm eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung vom elektronischen Wandler zu den elektrischen Messgeräten und Einrichtungen (siehe [Anhang B](#)).

Es wurden einige Informationen hinzugefügt, um die Kompatibilität dieser Punkt-zu-Punkt-Verbindung mit dem gesamten Kommunikationssystem in der Schaltanlage sicherzustellen und damit den Datenaustausch zwischen allen Geräten in der Schaltanlage zu ermöglichen. Die Informationen beschreiben die Kodierung der Datenübertragungsschicht (link layer) der Punkt-zu-Punkt-Verbindung. Die Prozessbus-Kommunikation ist in Bearbeitung.

Die verwendete Kodierung ermöglicht die Interoperabilität von Geräten unterschiedlicher Hersteller.

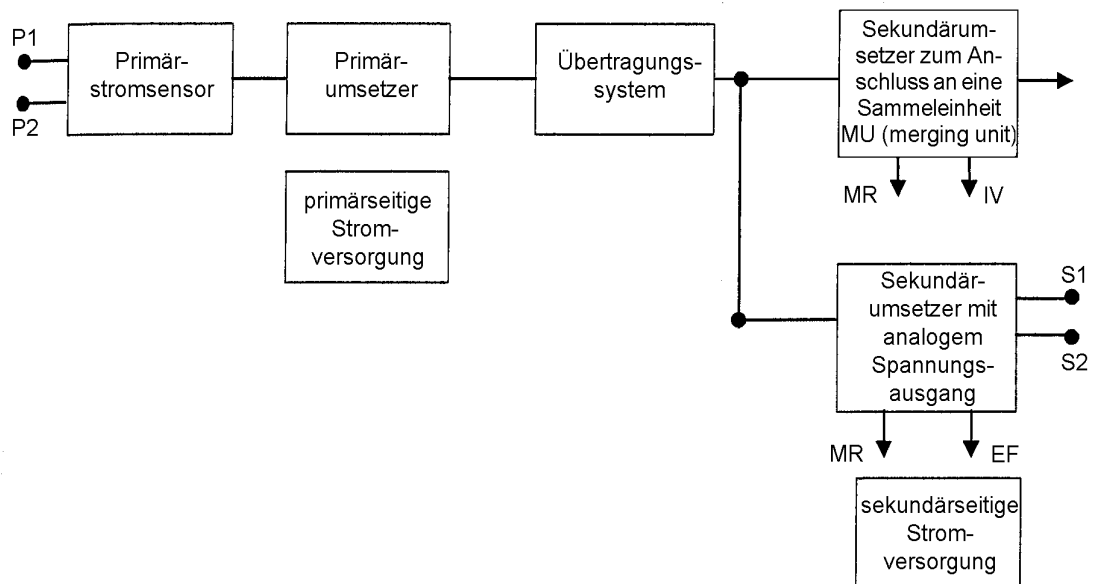
Die vorliegende Norm legt weder einzelne Implementierungen oder Produkte fest, noch beschränkt sie die Implementierung von Funktionen oder Schnittstellen innerhalb eines Rechnersystems. Die vorliegende Norm legt die nach außen sichtbaren Funktionalitäten der Implementierung fest sowie die Anforderungen an diese Funktionalitäten.

ANMERKUNG 1 Die Übertragung der analogen Anforderungen an Strom- und Spannungswandler in digitale Parameter, wie z. B. die Anzahl der Bits und die Abtastfrequenz, wurde, soweit es sinnvoll war, durchgeführt, da die Anforderungen an herkömmliche Strom- und Spannungswandler eher bezüglich der eingesetzten Technologien und ihrer Unzulänglichkeiten definiert wurden als aus den Bedürfnissen der Geräte, die Strom- und Spannungsinformationen verwenden.

ANMERKUNG 2 Der gewählte Ansatz besteht darin, sich darauf zu konzentrieren, was von der Sekundärtechnik gefordert wird und wie die Leistungsfähigkeit des Wandlers kalibriert werden kann. Dieses Konzept ist kompatibel mit einem Prozessbus.

1.2 Allgemeines Blockschaftbild eines elektronischen Stromwandlers

Die angewandte Technologie entscheidet darüber, welche Bauteile für die Verwirklichung eines elektronischen Stromwandlers (ECT) erforderlich sind, d. h., nicht alle in Bild 1 und Bild 2 beschriebenen Bauteile sind immer notwendig.

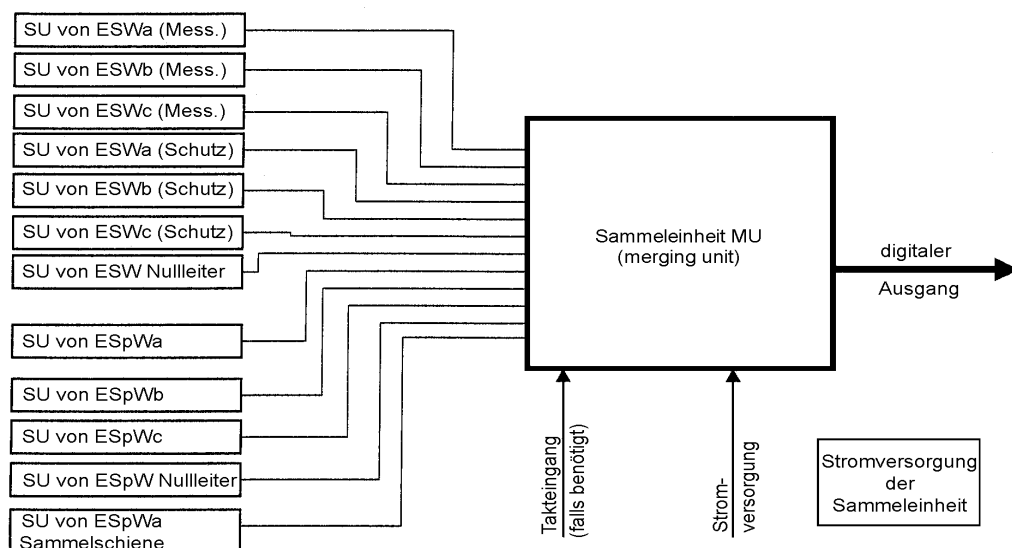


Legende

- IV Ausgang ungültig (invalid)
- EF Gerätefehler (equipment failure)
- MR Wartungsanforderung (maintenance request)

Bild 1 – Allgemeines Blockschaftbild eines einphasigen elektronischen Stromwandlers

1.3 Allgemeines Blockschaftbild eines elektronischen Messwandlers mit Digitalausgang



ANMERKUNG SU von EVTa ist der Sekundärumsitzer des elektronischen Spannungswandlers (EVT – electronic voltage transformer) der Phase a (siehe IEC 60044-7). SU von ECTa ist der Sekundärumsitzer des elektronischen Stromwandlers der Phase a. Eine andere Belegung der Datenkanäle ist möglich (siehe 6.2.3).

Bild 2 – Beispiel für ein Blockschaftbild der digitalen Schnittstelle

Die Datenkanäle von bis zu 12 Sekundärumsatzern werden mit Hilfe einer Sammeleinheit (MU - merging unit) zusammengefasst. Jeder einzelne Datenstrom eines Sekundärumsatzers (SU) beinhaltet die abgetasteten Messwerte je eines elektronischen Strom- oder Spannungswandlers (siehe Bild 2) und wird über jeweils einen Datenkanal transportiert. Bei Mehrphasen- oder Kombiwandlern können mehrere Datenkanäle mehrerer Sekundärumsatzer über eine physikalische Schnittstelle zur Sammeleinheit übertragen werden. Die Sammeleinheit versorgt die Sekundärtechnik mit einem Satz zeitkohärenter Spannungs- und Strommesswerte. Ein Sekundärumsatzer kann auch zur Erfassung der Signale eines konventionellen Strom- oder Spannungswandlers dienen. Der Sekundärumsatzer kann in die Sammeleinheit integriert sein.

2 Normative Verweisungen

Die nachfolgenden 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 60028:1925, *International Standard of resistance for copper*.

IEC 60038:1983, *IEC standard voltages*.

IEC 60044-1:1996, *Instrument transformers – Part 1: Current transformers*.

IEC 60044-6:1992, *Instrument transformers – Part 6: Requirements for protective current transformers for transient performance*.

IEC 60044-7, *Instrument transformers – Part 7: Electronic voltage transducers*.

IEC 60050(161):1990, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 161: Electromagnetic compatibility*.

IEC 60050(321):1986, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 321: Instrument transformers*.

IEC 60050(601):1985, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 601: Generation, transmission and distribution of electricity – Generation*.

IEC 60050(604):1987, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 604: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*.

IEC 60056, *High voltage alternating current circuit-breakers*.

IEC 60060-1:1989, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*.

IEC 60068-2-6:1995, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*.

IEC 60068-2-17, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Q: Sealing*.

IEC 60068-2-75, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Eh: Hammer test*.

IEC 60071-1:1993, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*.

IEC 60085:1984, *Thermal evaluation and classification of electrical insulation*.

IEC 60121, *Recommendation for commercial annealed aluminium electrical conductor wire*.

IEC 60255-5:2000, *Electrical relays – Part 5: Insulation coordination for measuring relays and protection equipment – Requirements and tests*.

IEC 60255-22-1:1988, *Electrical relays – Part 22: Electrical disturbance tests for measuring relays and protection equipment – Section 2: Electrostatic discharge tests*.

IEC 60296:1982, *Specification for unused mineral insulating oils for transformers and switchgear*.

IEC 60304:1982, *Standard colours for insulation for low-frequency cables and wires*.

IEC 60376:1971, *Specification and acceptance of new sulphur hexafluoride*.

IEC 60376B:1974, *Specification and acceptance of new sulphur hexafluoride – Second supplement – Clause 26*.

IEC 60417 (all parts), *Graphical symbols for use on equipment*.

IEC 60480:1974, *Guide to the checking of sulphur hexafluoride (SF₆) taken from electrical equipment*.

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP code)*.

- IEC 60664-1:1992, *Insulation co-ordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests.*
- IEC 60694:1996, *Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards.*
- IEC 60707:1999, *Flammability of solid non-metallic materials when exposed to flame sources – List of test methods.*
- IEC 60721-3-3:1987, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 3: Stationary use at weather-protected locations.*
- IEC 60721-3-4:1987, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 4: Stationary use at non-weather-protected locations.*
- IEC 60794 (all parts), *Optical fibre cables.*
- IEC 60812:1985, *Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA).*
- IEC 60815:1986, *Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions.*
- IEC 60870-5-1:1993, *Telecontrol equipment and systems – Part 5: Transmission protocols – Section 1: Transmission frame formats.*
- IEC 61000-4-1:2000, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-1: Testing and measurement techniques – Overview of IEC 61000-4 series.*
- IEC 61000-4-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test.*
- IEC 61000-4-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test.*
- IEC 61000-4-4:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test – Basic EMC publication.*
- IEC 61000-4-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test.*
- IEC 61000-4-7:1991, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-7: Testing and measurement techniques – General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply and equipment connected thereto.*
- IEC 61000-4-8, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-8: Testing and measurement techniques – Power frequency magnetic field immunity test.*
- IEC 61000-4-9, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-9: Testing and measurement techniques – Pulse magnetic field immunity test.*
- IEC 61000-4-10, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-10: Testing and measurement techniques – Damped oscillatory magnetic field immunity test.*
- IEC 61000-4-11, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests.*
- IEC 61000-4-12, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-12: Testing and measurement techniques – Oscillatory waves immunity test.*
- IEC 61000-4-13, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-13: Testing and measurement techniques – Harmonics and interharmonics including mains signalling at a.c. power port, low frequency immunity tests.*
- IEC 61000-4-29:2000, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-29: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations on d.c. input power port immunity tests.*
- IEC 61025:1990, *Fault tree analysis (FTA).*
- IEC 61166:1993, *High-voltage alternating circuit-breakers – Guide for seismic qualification of high-voltage alternating current.*
- IEC/TS 61462:1998, *Composite insulators – Hollow insulators for use in outdoor and indoor electrical equipment – Definitions, test methods, acceptance criteria and design recommendations.*
- IEC 61850-3, *Communication networks and systems in substations – Part 3: General requirements.*

IEC 61850-9-1, *Communication networks and systems in substations – Part 9-1: Specific communication system mappings (SCSM) – Serial unidirectional multidrop point-to-point link*¹⁾.

CISPR 11:1999, *Industrial scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment – Electromagnetic disturbance characteristic – Limits and methods of measurement*.

EIA RS 485, *Standard for electrical characteristics of generators and receivers for use in balanced digital multipoint systems*.

EN 50160:2000, *Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution system*.

3 Begriffe

Im Sinne des vorliegenden Teils von IEC 60044 gelten nachfolgende Begriffe:

3.1 Allgemeine Begriffe

3.1.1

elektronischer Messwandler

Einrichtung, die aus einem oder mehreren Strom- oder Spannungssensor(en) besteht, der (die) mit einem Übertragungssystem und einem Sekundärumssetzer verbunden werden kann (können), um damit eine der zu messenden Größe proportionale Größe zu Messgeräten, Zählern sowie Schutz- oder Steuerungseinrichtungen zu übertragen. Beim Einsatz der digitalen Schnittstelle geschieht dies über eine Sammeleinheit (MU) für einen ganzen Satz elektronischer Messwandler.

3.1.2

elektronischer Stromwandler (ESW) [en: electronic current transformer (ECT)]

elektronischer Messwandler, bei dem das Ausgangssignal des Sekundärumssetzers bei normalen Einsatzbedingungen im Wesentlichen proportional zum Primärstrom ist, und dessen Phasenlage für eine zweckentsprechende Anschlussrichtung um einen festgelegten Winkel verschoben ist

3.1.3

Primäranschlüsse

Anschlüsse, in die der zu messende Strom eingespeist wird

3.1.4

Primärstromsensor

elektrische, elektronische, optische oder andere Einrichtung zur Übertragung eines vom Primärstrom abhängigen Signals zum Sekundärumssetzer, entweder direkt oder mit Hilfe eines Primärumssetzers

3.1.5

Primärumssetzer

Anordnung, die das von einem oder mehreren Primärstromsensoren kommende Signal in ein Signal wandelt, das für das Übertragungssystem geeignet ist

3.1.6

primärseitige Stromversorgung

Stromversorgung des Primärumssetzers und/oder Primärstromsensors (kann mit der sekundärseitigen Stromversorgung kombiniert werden, siehe [3.1.10](#))

3.1.7

Übertragungssystem

Anordnung zur Datenübertragung zwischen primärseitigen und sekundärseitigen Bauteilen über kurze oder lange Entfernungen. In Abhängigkeit von der verwendeten Technologie kann das Übertragungssystem auch zur Energieübertragung verwendet werden.

¹⁾ In der Beratung.

3.1.8**Sekundärumssetzer (SU) [en: secondary converter (SC)]**

Anordnung, die das über das Übertragungssystem übertragene Signal in eine Größe wandelt, die dem Strom zwischen den Primäranschlüssen proportional ist, um Messgeräte, Zähler sowie Schutz- oder Steuerungseinrichtungen zu versorgen. Bei ECT mit Analogausgang speist der Sekundärumssetzer Messgeräte, Zähler sowie Schutz- oder Steuerungseinrichtungen direkt. Bei elektronischen Messwandlern mit Digitalausgang ist der Sekundärumssetzer über eine Sammeleinheit mit der Sekundärtechnik verbunden.

3.1.9**Wartungsanforderung [en: maintenance request (MR)]**

Signal, das anzeigt, dass das Gerät eine Wartung benötigt

3.1.10**sekundärseitige Stromversorgung**

Stromversorgung für den Sekundärumssetzer (kann mit der primärseitigen Stromversorgung (siehe 3.1.6) oder der Stromversorgung anderer Messwandler kombiniert werden)

3.1.11**Bemessungshilfsspannung U_{ar}**

spezifizierter Wert der Hilfsspannung, bei dem die Anforderungen dieser Norm gelten

3.1.12**Bemessungsspeisestrom I_{ar}**

Wert des Stromes, der unter Bemessungsbedingungen von der Hilfsspannungsversorgung abgegeben können werden muss (inkl. Stromversorgung für die Sammeleinheit)

3.1.13**größter Speisestrom $I_{a\max}$**

größter Wert des Stromes, der unter ungünstigsten Bedingungen von der Hilfsspannungsversorgung abgegeben können werden muss (inkl. Stromversorgung für die Sammeleinheit)

3.1.14**Sekundärkreis**

externer Stromkreis, der die Informationssignale empfängt, die vom Sekundärumssetzer bzw. der Sammeleinheit eines elektronischen Messwandlers geliefert werden

3.1.15**Sekundäranschlüsse**

Anschlüsse des Sekundärumssetzers bzw. der Sammeleinheit, mit denen der Sekundärkreis verbunden ist

3.1.16**Anschlussstelle**

Verbindungsstelle für elektrische Kabel und Leitungen bei der Installation vor Ort oder bei Testinstallationen. Wo geschirmte Kabel und Leitungen verwendet werden, wird nur der äußere Schirm als Anschlussstelle angesehen. Anschlussstellen werden vom Hersteller festgelegt.

3.1.17**Niederspannungs-Bauelemente**

alle elektrischen und elektronischen Bauelemente, die vom Primärstromkreis beim vollen Bemessungsspannungspegel getrennt sind

3.1.18**Bemessungsfrequenz f_r**

Wert der Frequenz, auf dem die Anforderungen der vorliegenden Norm basieren

3.1.19**Primärstrom im stationären Zustand**

im stationären Zustand ist der Primärstrom durch nachfolgende Gleichung definiert [IEC 60044-7, geändert]:

$$i_p(t) = I_p \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t + \varphi_p) + i_{pres}(t);$$

Dabei ist:

- I_p der Effektivwert des Primärstromes bei der Grundfrequenz;
- f die Grundfrequenz;
- φ_p der primärseitige Phasenwinkel;
- $i_{pres}(t)$ der Primärreststrom einschließlich ganzzahliger und nicht ganzzahliger Oberschwingungskomponenten sowie des Primärgleichstromes;
- t der Momentanwert der Zeit;
- f, I_p, φ_p sind im stationären Zustand Konstanten.

3.1.20**primärer Bemessungsstrom I_{pr}**

Effektivwert der Komponente des Primärstromes bei der Bemessungsfrequenz f_r , der den Stromwandler kennzeichnet und für den er bemessen ist

3.1.21**Sekundärausgangswert im stationären Zustand**

Beim Analogausgang: Im stationären Zustand ist die Sekundärspannung durch nachfolgende Gleichung definiert:

$$u_s(t) = U_s \sqrt{2} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t + \varphi_s) + U_{sdc} + u_{sres}(t);$$

Dabei ist:

- U_s der Effektivwert des Sekundärumsatzerausgangs, wenn $U_{sdc} + U_{sres}(t-t_d) = 0$ ist;
- f die Frequenz;
- φ_s der sekundärseitige Phasenwinkel;
- U_{sdc} die Sekundärgleichspannung;
- $U_{sres}(t)$ die Sekundärrestspannung einschließlich ganzzahliger und nicht ganzzahliger Oberschwingungskomponenten;
- t der Momentanwert der Zeit;
- f, U_s, φ_s sind im stationären Zustand Konstanten.

Beim Digitalausgang:

$$i_s(n) = I_s \sqrt{2} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t_n + \varphi_s) + I_{sdc}(n) + i_{sres}(t_n);$$

Dabei ist:

- i_s der numerische Wert am Ausgang der Sammeleinheit, der den momentanen Wert des Primärstromes repräsentiert;
- I_s der Effektivwert von i_s , wenn $I_{sdc}(n) + i_{sres}(t_n) = 0$ ist;
- f die Frequenz;
- φ_s der sekundärseitige Phasenwinkel;
- $I_{sdc}(n)$ der Gleichanteil des Sekundärausgangswertes;
- $i_{sres}(t_n)$ der Restwert des Sekundärausgangs einschließlich ganzzahliger und nicht ganzzahliger Oberschwingungskomponenten;

- n der Abtastwertindex;
 t_n der Zeitpunkt, bei dem der n -te Abtastwert des Primärstromes (bzw. -spannung) erfasst wurde;
 f, I_S, φ_S sind im stationären Zustand Konstanten.

3.1.22

sekundärer Bemessungsausgangswert

beim Analogausgang: Der Effektivwert jener Komponente der sekundären Ausgangsspannung (U_{sr}) bei der Frequenz f_r auf welcher das Betriebsverhalten des elektronischen Stromwandlers beruht.

Bei Digitalausgang:

Die hexadezimale Zahl, die dem primären Bemessungsstrom auf der digitalen Seite entspricht.

3.1.23

tatsächliches Übersetzungsverhältnis K_a und K_d

bei Analogausgang: Das Verhältnis des tatsächlichen Effektivwerts des Primärstromes zum tatsächlichen Effektivwert der Sekundärspannung eines elektronischen Stromwandlers (Abkürzung: K_a).

Bei Digitalausgang:

Das Verhältnis des tatsächlichen Effektivwerts des Primärstromes zum tatsächlichen Effektivwert des sekundären Ausgangswerts, welcher ein numerischer Wert ist (Abkürzung: K_d).

ANMERKUNG 1 Bei Luftspulen ohne Integrator gilt diese Definition nur im stationären Zustand für eine reine Sinusschwingung bei Bemessungsfrequenz. Wenn die Frequenz des Primärstromes f von ihrem Bemessungswert f_r abweicht, berechnet sich das tatsächliche Übersetzungsverhältnis wie folgt: $K_a(f) = f/f_r \cdot K_{ra}$ (oder $K_d(f) = f/f_r \cdot K_{rd}$).

ANMERKUNG 2 Zur Momentanwertmessung oder zur Bestimmung der Gesamtmessabweichung muss ein Integrator zusammen mit der Luftspule verwendet werden. In diesem Fall ist K_a (bzw. K_d) das Verhältnis des Primärstromes zum sekundärseitigen Ausgang des Integrators.

3.1.24

Bemessungsübersetzungsverhältnis K_{ra} und K_{rd}

Bemessungswert des Übersetzungsverhältnisses

3.1.25

Strommessabweichung (Übersetzungsmessabweichung) ε %

Messabweichung, die ein elektronischer Stromwandler erzeugt und die dadurch entsteht, dass das tatsächliche Übersetzungsverhältnis und das Bemessungsübersetzungsverhältnis nicht gleich sind [IEV 321-01-21, modifiziert].

Bei Analogausgang ist die in Prozent ausgedrückte Strommessabweichung gegeben durch die Gleichung:

$$\varepsilon \text{ \%} = \frac{K_{ra} \cdot U_s - I_p}{I_p} \times 100$$

Dabei ist:

K_{ra} das Bemessungsübersetzungsverhältnis;

I_p der Effektivwert des tatsächlichen Primärstromes, wenn $i_{pres}(t) = 0$ ist;

U_s der Effektivwert der Sekundärspannung, wenn $I_{sdc}(n) + i_{sres}(t_n) = 0$ ist.

ANMERKUNG 1 Diese Definition bezieht sich nur auf Komponenten bei Bemessungsbürde und Bemessungsfrequenz sowohl des Primärstromes als auch der Sekundärspannung. Diese Definition ist mit IEC 60044-1 kompatibel.

Für den Digitalausgang ist die in Prozent ausgedrückte Strommessabweichung gegeben durch die Gleichung:

$$\varepsilon \% = \frac{K_{rd} \cdot I_s - I_p}{I_p} \times 100$$

Dabei ist:

- K_{rd} das Bemessungsübersetzungsverhältnis;
- I_p der Effektivwert des tatsächlichen Primärstromes, wenn $i_{pres}(t) = 0$ ist;
- I_s der Effektivwert des Digitalausgangs, wenn $I_{sdc}(n) + i_{sres}(t_n) = 0$ ist.

ANMERKUNG 2 Die Strommessabweichung ergibt sich aus einer digitalen Berechnung (siehe [Anhang B](#)).

3.1.26

Phasenverschiebung φ

Beim Analogausgang: Phasenunterschied zwischen dem Primärstromzeiger und dem Sekundärspannungszeiger, wobei die Richtung der Vektoren so gewählt wird, dass der Winkel für einen idealen Wandler bei Bemessungsfrequenz gleich seinem Bemessungswert ist. Der Fehlwinkel ist positiv, wenn der Vektor des Sekundärausgangs dem Vektor des Primärstromes vorausleitet. Er wird gewöhnlich in Minuten oder Zentiradian angegeben. [IEV 321-01-23, modifiziert].

$$\varphi = \varphi_s - \varphi_p$$

Dabei ist:

- φ_p der primärseitige Phasenwinkel;
- φ_s der sekundärseitige Phasenwinkel.

Beim Digitalausgang:

Die Dauer zwischen dem Zeitpunkt, an dem ein bestimmter Primärstrom durch die Primäranschlüsse geflossen, und dem Zeitpunkt, bei dem die Übertragung des dazugehörigen digitalen Wertes am Ausgang der Sammeleinheit beginnt. Diese Dauer wird in Winkелеinheiten bezogen auf die Bemessungsfrequenz angegeben.

ANMERKUNG 1 Diese Definition gilt streng genommen nur für sinusförmigen Strom.

ANMERKUNG 2 Sowohl beim digitalen als auch beim Analogausgang kann man sich bei einem idealen Messwandler (siehe [B.6.1](#) und [3.1.29](#)) die Phasenverschiebung φ aus zwei Komponenten bestehend vorstellen: dem Bemessungsphasenversatz φ_{pr} und der Bemessungsverzögerungszeit t_{dr} .

ANMERKUNG 3 Für nähere Erläuterungen zur Berechnung der Phasenverschiebung siehe [Anhang B](#).

3.1.27

Bemessungsverzögerungszeit t_{dr}

Bemessungswert der Zeit, die z. B. für die digitale Datenverarbeitung und -übertragung benötigt wird

3.1.28

Bemessungsphasenversatz φ_{or}

Bemessungswert der Phasenverschiebung des ECT, der durch die verwendete Technologie verursacht wird und nicht von der Frequenz abhängt

3.1.29**Fehlwinkel φ_e**

der Fehlwinkel entspricht der Phasenverschiebung φ abzüglich des Phasenversatzes, der durch den Bemessungsphasenversatz und die Bemessungsverzögerungszeit verursacht wird. Der Fehlwinkel ist auf die Bemessungsfrequenz bezogen.

$$\varphi_e = \varphi - (\varphi_{or} + \varphi_{tdr}) \quad \text{mit} \quad \varphi_{tdr} = -2\pi \cdot f_r \cdot t_{dr}$$

Im Falle eines Digitalausgangs, der für die Synchronisation durch Taktpulse vorgesehen ist, entspricht der Fehlwinkel der Zeit zwischen einem Taktpuls und der Abtastung des Primärstromes, der zu dem entsprechenden digital übertragenen Wert gehört (angegeben in Winkleinheiten, bezogen auf die Bemessungsfrequenz).

Der Fehlwinkel wird gewöhnlich in Minuten oder Zentiradian angegeben.

ANMERKUNG Eine Erläuterung des Fehlwinkels und eine graphische Erklärung sind im [Anhang B](#) enthalten.

3.1.30**Genauigkeitsklasse**

die einem elektronischen Stromwandler zugeordnete Bezeichnung, dessen Strommessabweichung und Fehlwinkel unter vorgeschriebenen Bedingungen festgelegte Grenzwerte einhalten

3.1.31**höchste Spannung des Betriebsmittels U_m**

höchster Effektivwert der Leiter-Leiter-Spannung, für den der elektronische Stromwandler hinsichtlich seiner Isolation bemessen ist [IEV 604-03-01, modifiziert]

3.1.32**Bemessungsisolationspegel**

Kombination von Spannungswerten, die die Isolation eines elektronischen Stromwandlers hinsichtlich seiner dielektrischen Festigkeit kennzeichnet

3.1.33**Netz mit isoliertem Sternpunkt**

Netz, in dem die Sternpunkte keine beabsichtigte Verbindung zur Erde haben, ausgenommen durch Einrichtungen zu Schutz- oder Messzwecken mit hoher Impedanz [IEV 601-02-24]

3.1.34**Netz mit Erdschlusskompensation**

Netz, bei dem ein oder mehrere Sternpunkt(e) über Drosseln mit Erde verbunden ist (sind), die die kapazitive Komponente eines einphasigen Erdschlussstromes annähernd kompensieren [IEV 601-02-27]

3.1.35**Erdfehlerfaktor**

prozentuales Verhältnis des höchsten Effektivwertes der betriebsfrequenten Leiter-Erde-Spannung eines nicht fehlerbehafteten Leiters während eines ein- oder mehrpoligen Fehlers mit Erdberührung an einer beliebigen Stelle des dreiphasigen Netzes zum Effektivwert der betriebsfrequenten Leiter-Leiter-Spannung, die ohne Fehler an dieser Stelle des Netzes vorhanden wäre (im allgemeinen am Einbauort eines Betriebsmittels) [IEV 604-03-06]

3.1.36**Netz mit starrer Sternpunktterdung**

Netz, dessen Sternpunkt(e) direkt geerdet ist (sind) [IEV 601-02-25]

3.1.37**Netz mit niederohmig geerdetem Sternpunkt**

Netz, dessen Sternpunkt(e) niederohmig geerdet ist (sind), um Erdschlussströme zu begrenzen [IEV 601-03-26]

3.1.38

Netz mit geerdetem Sternpunkt

Netz, dessen Sternpunkt entweder direkt oder über einen ohmschen oder induktiven Widerstand mit Erde verbunden ist, der hinreichend klein ist, um transiente Schwingungen zu verringern und um bei einem Erdschluss einen für den selektiven Erdschluss ausreichenden Strom zu ermöglichen

- a) Ein dreiphasiges Netz mit an einer bestimmten Stelle wirksam geerdetem Sternpunkt ist ein Netz, bei dem der Erdfehlerfaktor an dieser Stelle den Wert 1,4 nicht überschreitet.

ANMERKUNG Diese Bedingung ist näherungsweise erfüllt, wenn für beliebige Netzzustände das Verhältnis der Nullsystem-Reaktanz zur Mitsystem-Reaktanz kleiner als 3 und das Verhältnis des Nullsystem-Widerstands zur Mitsystem-Reaktanz kleiner als 1 ist.

- b) Ein dreiphasiges Netz mit an einer bestimmten Stelle nicht wirksam geerdetem Sternpunkt ist ein Netz, bei dem der Erdfehlerfaktor an dieser Stelle den Wert 1,4 überschreiten darf.

3.1.39

gefährdete Anlage

Anlage, in der Betriebsmittel Überspannungen atmosphärischen Ursprungs ausgesetzt sind

ANMERKUNG Solche Anlagen sind üblicherweise entweder direkt oder über eine kurze Leitungslänge mit Übertragungs-Freileitungen verbunden und nicht durch Überspannungsableiter geschützt.

3.1.40

nichtgefährdete Anlage

Anlage, in der Betriebsmittel keinen Überspannungen atmosphärischen Ursprungs ausgesetzt sind

3.1.41

thermischer Bemessungs-Kurzzeitstrom I_{th}

Effektivwert des Primärstromes, dem ein elektronischer Stromwandler 1 s ohne Beschädigung standhält

3.1.42

Bemessungs-Stoßstrom I_{dyn}

Scheitelwert des primären Stromes, dessen elektromagnetischer Kraftwirkung ein elektronischer Stromwandler ohne elektrische oder mechanische Beschädigung standhält

3.1.43

thermischer Bemessungs-Dauerstrom I_{cth}

Wert des Stromes, der dauernd über die Primäranschlüsse fließen darf, ohne dass die Übertemperatur die festgelegten Werte überschreitet, wobei der analoge Sekundärausgang mit der Bemessungsbürde belastet ist

3.1.44

Anlaufverzögerung

manche elektronische Stromwandler beziehen ihre zum Betrieb notwendige Energie aus dem Primärstrom. Bis nach dem Zuschalten des Primärstromes ein solcher Wandler betriebsbereit ist, vergeht eine gewisse Zeit. Diese Verzögerung wird Anlaufverzögerung genannt. Während dieser Zeit ist das Ausgangssignal des elektronischen Stromwandlers null.

3.1.45

Anlaufstrom

Effektivwert des minimalen Primärstromes, der zum Anlaufen des elektronischen Stromwandlers notwendig ist (siehe 3.1.44)

3.1.46

IP-Code

Kodierungssystem, das den Schutzgrad kennzeichnet, den ein Gehäuse gegen Zugang zu gefährlichen Teilen, Eindringen von festen Fremdkörpern, Eindringen von Wasser bietet, und das zusätzliche Informationen bzgl. dieses Schutzes angibt [IEC 60529, 3.4]

3.1.47**Schutzgrad**

Umfang des Schutzes, der durch ein Gehäuse gegen Zugang zu gefährlichen Teilen, gegen Eindringen von festen Fremdkörpern und/oder Eindringen von Wasser liefert und der durch genormte Prüfverfahren nachgewiesen ist [IEC 60529, 3.3]

3.1.48**Bemessungsfülldruck p_{re} (oder -dichte ρ_{re}) für eine Gasisolierung**

Druck in Pascal (Pa) (oder Dichte) für die Gasisolierung, bezogen auf Normalumweltbedingungen von + 20 °C und 101,3 kPa, der (die) in relativer oder absoluter Form angegeben werden kann und mit dem (der) ein elektronischer Stromwandler, bevor er in Betrieb genommen wird, gefüllt oder auf den (die) er automatisch ergänzt wird [IEC 60694, 3.6.4.1, modifiziert]

3.1.49**Alarmdruck p_{ae} (oder -dichte ρ_{ae}) für eine Gasisolierung**

Druck (Pa) (oder Dichte) für die Isolierung, bezogen auf Normalumweltbedingungen von + 20 °C und 101,3 kPa, der (die) in relativer oder absoluter Form angegeben werden und bei dem (der) ein Überwachungssignal abgegeben werden kann, um anzuzeigen, dass in relativ kurzer Zeit ein Wiederauffüllen erforderlich ist [IEC 60694, 3.6.4.3, modifiziert]

3.1.50**Mindestbetriebsdruck p_{me} (oder -dichte ρ_{me}) für eine Gasisolierung**

Druck (Pa) (oder Dichte) für die Isolierung, bezogen auf Normalumweltbedingungen von + 20 °C und 101,3 kPa, der (die) in relativer oder absoluter Form angegeben werden kann und bei dem (der) und oberhalb dessen (deren) die Bemessungskennwerte des elektronischen Stromwandlers beibehalten werden und bei dem (der) ein Wiederauffüllen erforderlich wird [IEC 60694, 3.6.4.3, modifiziert]

3.1.51**absolute Leckrate F**

Gasmenge, die pro Zeiteinheit entweicht, angegeben in Pa m³/s

3.1.52**relative Leckrate F_{rel}**

die absolute Leckrate bezogen auf die Gesamtgasmenge in dem System bei Bemessungsfülldruck (oder Dichte), angegeben in Prozent pro Tag oder Jahr

3.2 Zusätzliche Begriffe für elektronische Stromwandler für Messzwecke**3.2.1****elektronischer Stromwandler für Messzwecke**

elektronischer Stromwandler, der zur Übertragung eines Informationssignals zu Anzeigegeräten, Zählern und ähnlichen Geräten vorgesehen ist

3.2.2**erweiterter primärer Bemessungsstrom**

Effektivwert des Primärstromes, bis zu dem dieselbe Genauigkeit wie beim primären Bemessungsstrom garantiert wird. Der erweiterte primäre Bemessungsstrom darf den Bemessungs-Dauerstrom I_{th} nicht überschreiten.

3.2.3**Faktor des erweiterten primären Bemessungsstromes K_{pcr}**

Verhältnis des erweiterten primären Bemessungsstromes zum primären Bemessungsstrom

3.3 Zusätzliche Begriffe für elektronische Stromwandler für Schutzzwecke

3.3.1

elektronischer Stromwandler für Schutzzwecke

elektronischer Stromwandler, der zur Übertragung eines Informationssignals zu Schutz- oder Steuerungseinrichtungen vorgesehen ist

3.3.2

Bemessungs-Genauigkeits-Grenzstrom

Wert des Primärstromes im stationären Zustand, bis zu dem der elektronische Schutz-Stromwandler die Anforderungen an die Gesamtmessabweichung erfüllt

3.3.3

Genauigkeitsgrenzfaktor K_{alf}

Verhältnis des Bemessungs-Genauigkeits-Grenzstromes zum primären Bemessungsstrom im stationären Zustand

3.3.4

Gesamtmessabweichung ε_c

im stationären Zustand ist die Gesamtmessabweichung der Effektivwert der Differenz zwischen:

- den Momentanwerten des Primärstromes und
- den Momentanwerten des Sekundärausgangs multipliziert mit dem Bemessungsübersetzungsverhältnis. Die positiven Vorzeichen des Primärstromes und des sekundärseitigen Ausgangssignals entsprechen dabei den Konventionen für die Anschlusskennzeichnungen.

Bei Analogausgang wird die Gesamtmessabweichung ε_c im Allgemeinen als Prozentwert bezogen auf den Effektivwert des Primärstromes gemäß der Gleichung:

$$\varepsilon_c(\%) = \frac{100}{I_p} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [K_{ra} u_s(t) - i_p(t - t_{dr})]^2 dt}$$

Dabei ist:

K_{ra}	das Bemessungsübersetzungsverhältnis;
I_p	der Effektivwert des Primärstromes;
i_p	der Primärstrom;
u_s	die Sekundärspannung;
T	die Dauer einer Periode;
t	der Momentanwert der Zeit;
t_{dr}	die Bemessungsverzögerungszeit.

ANMERKUNG 1 Bei Luftspulen wird das sekundäre Ausgangssignal am Ausgang des Integrators gemessen (siehe Definition von K_{ra} oder K_{rd} und [Anhang C](#)).

Bei Digitalausgang wird die Gesamtmessabweichung ε_c im Allgemeinen als Prozentwert bezogen auf den Effektivwert des Primärstromes gemäß der Gleichung:

$$\varepsilon_c(\%) = \frac{100}{I_p} \sqrt{\frac{T_s}{kT} \sum_{n=1}^{kT/T_s} [K_{rd} i_s(n) - i_p(t_n)]^2}$$

Dabei ist:

K_{rd}	das Bemessungsübersetzungsverhältnis;
I_p	der Effektivwert des Primärstromes;
i_p	der Primärstrom;
i_s	der sekundäre Digitalausgangswert;
T	die Dauer einer Periode;
n	Abtastwertindex;
t_n	Zeitpunkt, zu dem die Primärströme und -spannungen des n -ten Datensatzes abgetastet wurden;
k	Anzahl der Summationsperioden;
T_s	die Zeitspanne zwischen zwei Abtastungen des Primärstromes.

ANMERKUNG 2 In der Praxis ergibt sich die Gesamtmessabweichung aus einer digitalen Berechnung, deren Algorithmus in [Anhang B](#) angegeben ist.

3.3.5

primärer Bemessungs-Kurzschlussstrom bei Transientenmessung I_{psc}

Effektivwert des primären symmetrischen Kurzschlussstromes im transienten Fall, auf dem das Bemessungs-Genauigkeitsverhalten des Stromwandlers beruht [[IEC 60044-6, 3.1](#), modifiziert]

3.3.6

Faktor des symmetrischen Bemessungs-Kurzschlussstromes bei Transientenmessung K_{ssc}

im transienten Fall Verhältnis:

$$K_{ssc} = \frac{I_{psc}}{I_{pr}}$$

[[IEC 60044-6, 3.15](#), modifiziert]

3.3.7

primäre Bemessungszeitkonstante bei Transientenmessung τ_{pr}

im transienten Fall festgelegter Wert der Zeitkonstante der Gleichstromkomponente des Primärstromes, auf welchem das Übertragungsverhalten des Stromwandlers beruht [[IEC 60044-6, 3.6](#), modifiziert]

3.3.8

Totzeit t_{fr}

Dauer zwischen Unterbrechung und Wiederschließen des primären Kurzschlussstromes während eines selbsttätigen Wiederschließvorganges eines Leistungsschalters (siehe auch IEC 60056) [[IEC 60044-6, 3.9](#)]

3.3.9

festgelegte Schaltfolge (C-O und/oder C-O-C-O)

Schaltfolge, bei der während jeder aufgeführten Einschaltung angenommen wird, der Primärstrom sei mit der primären Bemessungszeitkonstanten τ_{pr} „voll verlagert“ und besitze die Bemessungsamplitude I_{psc} [[IEC 60044-6, 3.10](#), modifiziert]

Die Schaltfolgen sind wie folgt:

Einmalige Einschaltung: C – t' – O

Zweimalige Einschaltung: C – t' – O – t_{fr} – C – t'' – O

(beide Einschaltungen in der gleichen Flusspolarität – falls zutreffend)

Dabei ist:

t' die Dauer des ersten Stromflusses;

t'' die Dauer des zweiten Stromflusses.

3.3.10

Einschwingverhalten

Einschwingverhalten des Sekundärausgangs bei einer transienten Änderung des Primärstromes [IEC 60044-7, 2.2.3, modifiziert]

3.3.11

Primärstrom im transienten Fall $i_p(t)$

im transienten Fall ist der Primärstrom wie folgt definiert [IEC 60044-6, A1, modifiziert]:

$$i_p(t) = I_{psc} \sqrt{2} \cdot \left(\sin(2\pi \cdot f \cdot t + \varphi_p) - \sin(\varphi_p) \cdot \exp(-t/\tau_p) \right) + i_{pres}(t);$$

Dabei ist:

I_{psc} der Effektivwert der symmetrischen Komponente des Primärstromes;

f die Frequenz;

τ_p die primäre Zeitkonstante;

φ_p der primäre Phasenwinkel;

$i_{pres}(t)$ der primärseitige Reststrom einschließlich ganzzahliger und nicht ganzzahliger Oberschwingungskomponenten sowie dem Primärgleichstrom;

t der Momentanwert der Zeit.

3.3.12

Momentaner Messabweichungsstrom $i_a(t)$, $i_a(n)$

Differenz zwischen den Momentanwerten des mit dem Bemessungsübersetzungsverhältnis multiplizierten sekundären Ausgangswerts und dem Primärstrom [IEC 60044-6, 3.2, modifiziert]

Für einen Analogausgang ist der momentane Messabweichungsstrom für $t \geq t_{dr}$ definiert und durch den nachfolgenden Ausdruck gegeben:

$$i_a(t) = K_{ra} \cdot u_s(t) - i_p(t - t_{dr})$$

ANMERKUNG 1 Bei Luftspulen wird die Spannung $u_s(t)$ am Ausgang des Integrators gemessen (siehe Definition von K_{ra} oder K_{rd} und [Anhang C](#)).

Beim Digitalausgang ist der momentane Messabweichungsstrom für $t_n \geq t_{dr}$ definiert und durch den nachfolgenden Ausdruck gegeben:

$$i_a(n) = K_{rd} \cdot i_s(n) - i_p(t_n)$$

ANMERKUNG 2 In der Praxis ergibt sich die momentane Messabweichung aus einer digitalen Berechnung, deren Algorithmus sich in [Anhang B](#) findet.

ANMERKUNG 3 Bei Luftspulen wird das sekundäre Ausgangssignal am Ausgang des Integrators gemessen. Der Integrator kann in digitaler Form in der Auswerteeinheit realisiert werden. Da der Integrator die Verzögerungszeit beeinflussen kann, ist es in diesem Testaufbau erlaubt, dass die Verzögerungszeit des getesteten Wandlers von seiner normalen Bemessungsverzögerungszeit abweicht.

3.3.13

maximaler Scheitelwert der momentanen Messabweichung $\hat{\varepsilon}$

größter momentaner Messabweichungsstrom für eine festgelegte Schaltfolge, ausgedrückt als Prozentwert des Scheitelwertes des primären Bemessungs-Kurzschlussstromes

[IEC 60044-6, 3.4, modifiziert]

$$\hat{\varepsilon} = 100 \hat{i}_a(t) / (\sqrt{2} \cdot I_{psc}) \quad \%$$

3.4 Zusätzliche Begriffe für den Digitalausgang

3.4.1

Digitalausgang

der Digitalausgang besteht aus einer optischen oder elektrischen Ausgangsschnittstelle an der Sammeleinheit

Er versorgt Messgeräte, Zähler sowie Schutz- oder Steuerungseinrichtungen mit digital kodierten zeitkohärenten Strom- und/oder Spannungsdatensätzen.

3.4.2

Sammeleinheit [en: merging unit (MU)]

physikalische Baugruppe, die die von den Sekundärumsatzern kommenden Strom- und/oder Spannungsdaten zeitkohärent kombiniert. Die Sammeleinheit kann Bestandteil eines Wandlers im Feld oder ein separates Gerät sein, z. B. in der Warte (siehe [Bild 2](#))

3.4.3

Takteingang der Sammeleinheit (MU clock input)

elektrischer oder optischer Eingang der Sammeleinheit, der - falls erforderlich - zur Synchronisation mehrerer Sammeleinheiten verwendet werden kann

3.4.4

Stromversorgung der Sammeleinheit

Stromversorgung für die Sammeleinheit (kann mit der sekundärseitigen Stromversorgung kombiniert werden, siehe [3.1.10](#))

3.4.5

Datenrate $1/T_s$

Anzahl der pro Sekunde übertragenen Strom- und/oder Spannungsdatensätze

3.4.6

Ausgang ungültig [en: invalid (IV)]

Information, die anzeigt, dass das Ausgangssignal eines elektronischen Strom- oder Spannungswandlers ungültig ist

3.5 Zusätzliche Begriffe für den analogen Spannungsausgang

3.5.1

Gerätefehler [en: equipment failed (EF)]

Information, die anzeigt, dass das Gerät ausgefallen ist

3.5.2**Bürde**

Impedanz des Sekundärkreises in Ohm bei einem Leistungsfaktor von 1

3.5.3**Bemessungsbürde R_b**

Wert der Bürde, auf dem die Genauigkeitsanforderungen einer Spezifikation beruhen

3.5.4**sekundärer Gleichspannungsversatz U_{sdco}**

Gleichspannungskomponente der Sekundärspannung eines elektronischen Stromwandlers, wenn $I_p(t) = 0$ ist

ANMERKUNG Für Primärumssetzer, die durch den Primärstrom versorgt werden, ist diese Definition nicht anwendbar. In diesem Fall sollte das Beurteilungsverfahren zwischen Hersteller und Käufer vereinbart werden (siehe [Anhang E](#)).

3.5.5**Luftspule ohne Integrator**

Transformator mit Luftspulentechnologie ohne eingebauten Integrator (siehe [Anhang C](#))

3.6 Verzeichnis der Hauptbegriffe und Abkürzungen

ECT	elektronischer Stromwandler	3.1.2
EVT	elektronischer Spannungswandler	IEC 60044-7
EF	Gerätefehler (equipment failed)	3.5.1
IV	Ausgang ungültig (invalid)	3.4.6
MR	Wartungsanforderung (maintenance request)	3.1.9
MU	Sammeleinheit (merging unit)	3.4.2
R_b	Bemessungsbürde	3.5.3
SU	Sekundärumssetzer	3.1.8
f_r	Bemessungsfrequenz	3.1.18
K_{ar}, K_{dr}	Bemessungsübersetzungsverhältnis	3.1.24
K_{pcr}	Faktor des erweiterten primären Bemessungsstromes	3.2.3
K_{alf}	Genauigkeitsgrenzfaktor	3.3.3
K_{sscr}	Faktor des symmetrischen Bemessungs-Kurzschlussstromes	3.3.6
t	Momentanwert der Zeit	3.1.19
t_{dr}	Bemessungsverzögerungszeit	3.1.27
t_{dfr}	Totzeit	3.3.8
T_s	Zeit zwischen zwei Abtastungen, Kehrwert der Datenrate	3.4.5
U_m	höchste Spannung für Betriebsmittel	3.1.31
U_{sr}	bei Analogausgang: Sekundäre Bemessungsspannung	3.1.22
U_{sdco}	sekundärer Gleichspannungsversatz	3.5.4
U_{ar}	Bemessungshilfsspannung	3.1.11
I_{ar}	Bemessungsspeisestrom	3.1.12
I_{amax}	größter Speisestrom	3.1.13
I_{th}	thermischer Bemessungs-Kurzzeitstrom	3.1.41
I_{cth}	thermischer Bemessungs-Dauerstrom	3.1.43
I_{dyn}	Bemessungs-Stoßstrom	3.1.42
I_{psc}	primärer Bemessungs-Kurzschlussstrom bei Transientenmessung	3.3.5

I_p	Effektivwert des Primärstromes, wenn $i_{p\text{res}}(t) = 0$	3.1.19
I_{pr}	primärer Bemessungsstrom	3.1.20
$i_p(t)$	Primärstrom	3.1.19 und 3.3.11
$i_{p\text{res}}(t)$	Primärreststrom einschließlich ganzzahliger und nicht ganzzahliger Oberschwingungskomponenten	3.1.19
$i_a(t), i_a(n)$	Momentaner Messabweichungsstrom	3.3.12
φ	Phasenverschiebung	3.1.26
φ_{or}	Bemessungsphasenversatz	3.1.28
φ_e	Fehlwinkel	3.1.29
$\varepsilon\%$	Strommessabweichung im stationären Zustand	3.1.25
ε_c	Gesamtmessabweichung	3.3.4
$\hat{\varepsilon}$	maximaler Scheitelwert der momentanen Messabweichung	3.3.13
τ_{pr}	primäre Bemessungszeitkonstante bei Transientenmessung	3.3.7
p_{re}, ρ_{re}	Bemessungsfülldruck oder -dichte	3.1.48
p_{ae}, ρ_{ae}	Alarmdruck oder -dichte	3.1.49
p_{me}, ρ_{me}	Mindestbetriebsdruck oder -dichte	3.1.50

4 Normale und besondere Betriebsbedingungen

4.1 Allgemeines

Sofern nicht anders festgelegt, sind elektronische Hochspannungs-Stromwandler für den Einsatz bei ihren Bemessungskennwerten bei normalen Betriebsbedingungen vorgesehen, die in 4.2 verzeichnet sind.

Falls die tatsächlichen Betriebsbedingungen von den normalen Betriebsbedingungen abweichen, müssen elektronische Hochspannungs-Stromwandler so ausgelegt werden, dass sie allen besonderen Betriebsbedingungen genügen, die vom Anwender gefordert werden, oder es müssen entsprechende Vereinbarungen getroffen werden (siehe 4.3).

ANMERKUNG 1 Um die ordnungsgemäße Funktion elektronischer Bauteile sicherzustellen, sollten diese Bauteile den Umwelтанforderungen gemäß IEC 60068-2 genügen.

ANMERKUNG 2 Detaillierte Informationen zur Einteilung von Umweltbedingungen sind in IEC 60721-3-3 (Innenräume) und IEC 60721-3-4 (Freiluft) angegeben.

4.2 Normale Betriebsbedingungen

4.2.1 Umgebungstemperatur

Die Stromwandler sind nach [Tabelle 1](#) in drei Klassen eingeteilt.

Tabelle 1 – Temperaturklassen

Klasse	Niedrigste Temperatur °C	Höchste Temperatur °C
–5/40	–5	40
–25/40	–25	40
–40/40	–40	40
ANMERKUNG Bei der Auswahl der Temperaturklasse sollten die Transport- und Lagerbedingungen ebenfalls in Betracht gezogen werden.		

4.2.2 Höhenlage

Die Höhenlage übersteigt 1 000 m nicht.

4.2.3 Vibrationen oder Erdbeben

Vibrationen können beim Betrieb der Schaltanlage und aufgrund von Kurzschlusskräften auftreten. Es sollte beachtet werden, dass Schwingungen und Vibrationen mit Ursache außerhalb des Wandlers selbst (z. B. durch eine Leistungsschalterbetätigung) zu den normalen Betriebsbedingungen gehören. Durch Prüfungen sollte nachgewiesen werden, dass der ECT auch unter solchen Bedingungen korrekt arbeitet (siehe 8.13). Vibrationen aufgrund von Erdbeben werden als besondere Betriebsbedingungen betrachtet.

4.2.4 Sonstige Betriebsbedingungen für elektronische Innenraum-Stromwandler

Sonstige in Betracht gezogene Betriebsbedingungen sind:

- a) Der Einfluss von Sonnenstrahlung kann vernachlässigt werden;
- b) die umgebende Luft ist nicht wesentlich durch Staub, Rauch, korrosive Gase, Dämpfe oder Salz verschmutzt;
- c) die Feuchtebedingungen sind wie folgt:
 - 1) Der Mittelwert der relativen Feuchte, gemessen über eine Zeitspanne von 24 h, beträgt höchstens 95 %;
 - 2) der Mittelwert des Wasserdampfdrucks beträgt für eine Zeitspanne von 24 h höchstens 2,2 kPa;
 - 3) der Mittelwert der relativen Feuchte beträgt für eine Zeitspanne von einem Monat höchstens 90 %;
 - 4) der Mittelwert des Wasserdampfdrucks beträgt für eine Zeitspanne von einem Monat höchstens 1,8 kPa.

Bei diesen Bedingungen kann gelegentlich Betauung erfolgen.

ANMERKUNG 1 Bei plötzlichen Temperaturschwankungen in Zeitspannen mit hoher Feuchte ist mit Betauung zu rechnen.

ANMERKUNG 2 Um die Auswirkungen hoher Luftfeuchte und Betauung, wie Durchschlag der Isolierung oder Korrosion der Metallteile, standhalten zu können, sollten Stromwandler verwendet werden, die für solche Bedingungen ausgelegt sind.

ANMERKUNG 3 Betauung kann durch besondere Formgebung des Gehäuses, durch geeignete Lüftung und Heizung oder durch die Anwendung von Trocknungseinrichtungen verhindert werden.

4.2.5 Sonstige Betriebsbedingungen für elektronische Freiluft-Stromwandler

Sonstige in Betracht gezogene Betriebsbedingungen sind:

- a) Der Mittelwert der Umgebungstemperatur, gemessen über eine Zeitspanne von 24 h, beträgt höchstens 35 °C;

- b) Sonnenstrahlung bis zu 1 000 W/m² (an einem klaren Tag mittags) sollte berücksichtigt werden;
- c) die umgebende Luft kann durch Staub, Rauch, korrosive Gase, Dämpfe oder Salz verschmutzt sein. Die Verschmutzung überschreitet nicht die in [Tabelle 7](#) angegebenen Verschmutzungsgrade;
- d) der Winddruck beträgt höchstens 700 Pa (entsprechend 34 m/s Windgeschwindigkeit);
- e) Betauung oder Niederschlag sollten berücksichtigt werden.

4.2.5.1 Elektronische Stromwandler für den teilweisen Freilufteinsatz

Im Fall eines elektronischen Stromwandlers, bei dem sich einige Baugruppen im Innenraum befinden und einige in Freiluft, muss der Hersteller angeben, welche Teile für den Innenraum und welche Teile für den Freilufteinsatz vorgesehen sind.

4.3 Besondere Betriebsbedingungen

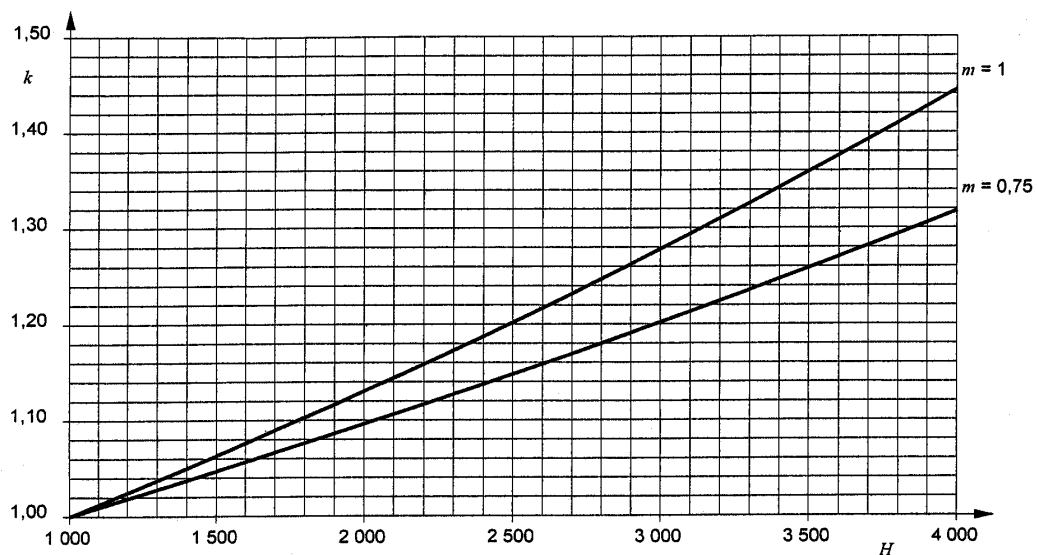
4.3.1 Allgemeines

Wenn elektronische Stromwandler unter Bedingungen verwendet werden können, die von den in 4.2 angegebenen normalen Betriebsbedingungen abweichen, sollten sich die Anforderungen des Anwenders auf die folgenden standardisierten Schritte beziehen.

4.3.2 Höhenlage

Für eine Installation in einer Höhenlage über 1 000 m muss die Lichtbogenstrecke unter den Bedingungen der Norm-Bezugsatmosphäre bestimmt werden, indem die an dem Betriebsstandort erforderlichen Stehspannungen mit einem Faktor k entsprechend Bild 3 multipliziert werden.

ANMERKUNG Die dielektrische Festigkeit der inneren Isolierung wird durch die Höhe nicht beeinflusst. Das Verfahren zur Prüfung der äußeren Isolierung sollte zwischen Hersteller und Käufer vereinbart werden.



Diese Faktoren können mit nachfolgender Gleichung berechnet werden:

$$k = e^{m(H-1000)/8150}$$

Dabei ist:

- H die Höhenlage in Metern;
- $m = 1$ für die Steh-Wechselspannung und die Blitzstoßspannung;
- $m = 0,75$ für die Schaltstoßspannung.

Bild 3 – Höhenkorrekturfaktoren

4.3.3 Einfluss der Höhenlage auf die Übertemperatur

Bei einer Installation in einer Höhe über 1 000 m muss die Übertemperatur von Teilen, die sich an der Luft bei atmosphärischem Druck befinden, wie folgt korrigiert werden:

$$\Delta\theta_c = \Delta\theta_m \left[1 - 0,03 \frac{(H - 1000)}{1000} \right]$$

Dabei ist:

- $\Delta\theta_c$ der korrigierte Wert der Übertemperatur;
- $\Delta\theta_m$ der bei niedriger Höhenlage gemessene Wert der Übertemperatur;
- H Höhenlage der Betriebsstätte in Metern.

ANMERKUNG Für Niederspannungs-, Hilfs- und Steuerungsgeräte brauchen keine besonderen Vorsichtsmaßnahmen ergriffen zu werden, wenn die Höhe niedriger als 2 000 m ist. Für größere Höhenlagen siehe IEC 60664-1.

4.3.4 Umgebungstemperatur

Für eine Installation an einem Standort, an dem die Umgebungstemperatur beträchtlich von den in 4.3.4 angegebenen üblichen Betriebsbedingungen abweichen kann, sollte vorzugsweise einer der folgenden Temperaturbereiche gewählt werden:

- a) –50 °C und 40 °C für sehr kaltes Klima;
- b) –5 °C und 50 °C für sehr heißes Klima.

In bestimmten Regionen, in denen feuchtwarme Winde häufig auftreten, können plötzliche Temperaturänderungen auftreten, die sogar in Innenräumen zu Betauung führen.

ANMERKUNG Unter bestimmten Bedingungen der Sonnenstrahlung können geeignete Maßnahmen, z. B. Überdachung, Zwangslüftung usw. oder eine Herabsetzung der Betriebswerte erforderlich sein, damit die festgelegten Übertemperaturen nicht überschritten werden.

4.3.5 Erdbeben

Anforderungen und Prüfung sind in Bearbeitung (zukünftige Fassung von IEC 60044-1).

ANMERKUNG Für Installationen, wo Erdbeben wahrscheinlich sind, muss der entsprechende Prüfschärfegrad nach IEC 61166 vom Anwender festgelegt werden.

4.4 Netzerdung

Die betrachteten Netzerdungen sind:

- a) Netz mit isoliertem Sternpunkt (siehe 3.1.33);
- b) Netz mit Erdschlusskompensation (siehe 3.1.34);
- c) Netz mit geerdetem Sternpunkt (siehe 3.1.38);
 - 1) Netz mit fest geerdetem Sternpunkt (siehe 3.1.36),
 - 2) Netz mit niederohmig geerdetem Sternpunkt (siehe 3.1.37).

5 Bemessungswerte

5.1 Allgemeine Bemessungswerte

5.1.1 Normwerte des primären Bemessungsstromes I_{pr}

Die Normwerte des primären Bemessungsstromes sind:

$$\underline{10} - 12,5 - \underline{15} - \underline{20} - 25 - \underline{30} - 40 - \underline{50} - 60 - \underline{75} \text{ A,}$$

und deren dezimale Vielfache oder Teile. Die bevorzugten Werte sind unterstrichen.

5.1.2 Normwerte für den Faktor des erweiterten primären Bemessungsstromes K_{pcr}

Die Normwerte für K_{pcr} sind:

$$\underline{1,2} - 1,5 - 20 - 5 - 10 - 20 - 50 - 100$$

Der bevorzugte Wert ist unterstrichen.

5.1.3 Thermischer Bemessungs-Dauerstrom I_{cth}

Der thermische Bemessungs-Dauerstrom darf nicht niedriger sein als der primäre Bemessungsstrom oder - wenn spezifiziert - der erweiterte primäre Bemessungsstrom.

5.1.4 Bemessungswerte des Kurzzeitstromes

5.1.4.1 Normwerte des symmetrischen Kurzschlussstromes

5.1.4.1.1 Norm-Genauigkeitsgrenzfaktor K_{alf}

Die Normwerte für den Genauigkeitsgrenzfaktor sind:

$$3 - 5 - 7,5 - 10 - 12,5 - 15 - 17,5 - 20 - 25 - 30 - 40 - 63 - 80,$$

und deren dezimale Vielfache.

5.1.4.1.2 Thermischer Bemessungs-Kurzzeitstrom I_{th}

Die genormten Effektivwerte in kA sind in Übereinstimmung mit IEC 60044-6:

$$6,3 - 8 - 10 - 12,5 - 16 - 20 - 25 - 31,5 - 40 - 50 - 63 - 80 - 100$$

5.1.4.1.3 Bemessungs-Stoßstrom I_{dyn}

Der Wert des Bemessungs-Stoßstromes I_{dyn} muss üblicherweise das 2,5fache des thermischen Bemessungs-Kurzzeitstromes I_{th} sein, und er muss auf dem Leistungsschild angegeben werden, wenn er von diesem Wert abweicht (siehe 3.1.42).

5.1.4.2 Normwerte für das transiente Übertragungsverhalten

5.1.4.2.1 Normwerte für den Faktor des symmetrischen Bemessungs-Kurzschlussstromes K_{SSC}

Die Normwerte für K_{SSC} sind:

$$3 - 5 - 7,5 - \underline{10} - 12,5 - \underline{15} - 17,5 - \underline{20} - 25 - 30 - 40 - 63 - 80,$$

und deren dezimale Vielfache oder Teile. Die bevorzugten Werte sind unterstrichen.

5.1.4.2.2 Primärer Bemessungs-Kurzschlussstrom I_{psc}

Die Vorzugswerte werden aus dem Produkt aus I_{pr} und K_{SSC} abgeleitet, die aus den in den vorstehenden Unterabschnitten angegebenen Werten ausgewählt werden. Das Produkt muss kleiner oder gleich I_{th} sein (IEC 60044-6).

5.1.4.2.3 Normwerte für die primäre Bemessungszeitkonstante τ_{pr}

Die Normwerte für die primäre Bemessungszeitkonstante in Millisekunden sind:

$$40 - 60 - 80 - 100 - 120 \text{ (IEC 60044-6)}.$$

ANMERKUNG Bei einigen Anwendungen können höhere Werte der primärseitigen Bemessungszeitkonstante gefordert werden. Ein Beispiel sind Stromkreise in großen Turbogeneratoren.

5.1.5 Norm-Frequenzbereich

Der ECT erfüllt die Genauigkeitsanforderungen seiner Genauigkeitsklasse im Norm-Frequenzbereich. Der Norm-Frequenzbereich geht von 99 % bis 101 % der Bemessungsfrequenz f_r für Genauigkeitsklassen für Messzwecke und von 96 % bis 102 % für Genauigkeitsklassen für Schutzzwecke (IEC 60044-7).

Die Genauigkeitsanforderungen außerhalb dieses Frequenzbereichs – sofern spezifiziert – werden in [Anhang D](#) definiert.

5.1.6 Grenzwerte für die Übertemperatur

Die Übertemperatur eines elektronischen Stromwandlers, der von einem Primärstrom von der Größe des thermischen Bemessungs-Dauerstromes durchflossen wird und dessen Bürde der Bemessungsbürde entspricht (bei analogem Spannungsausgang), darf den in [Tabelle 2](#) angegebenen entsprechenden Wert nicht überschreiten. Diese Werte beruhen auf den Betriebsbedingungen nach [Abschnitt 4](#).

Wenn die Umgebungstemperaturen die in [4.2](#) festgelegten Werte überschreiten, müssen die Grenzwerte für Übertemperaturen nach [Tabelle 2](#) um den Differenzbetrag verringert werden.

Wenn ein Stromwandler für den Betrieb in Höhenlagen über 1 000 m vorgesehen ist und in Höhen unter 1 000 m geprüft wird, müssen die Grenzwerte für Übertemperaturen nach [Tabelle 2](#) nach [4.3.3](#) verringert werden.

Die Übertemperatur des ECT wird durch die niedrigste Isolierstoffklasse entsprechend der angewandten Technologie begrenzt. Die höchsten Übertemperaturen für die Isolierstoffklassen sind in [Tabelle 2](#) angegeben.

Tabelle 2 – Grenzwerte für Übertemperaturen des Wandlers

Isolierstoffklasse (in Übereinstimmung mit IEC 60085)	Höchste Übertemperatur K
Isolierstoffe aller Klassen in Öl	60
Isolierstoffe aller Klassen in Öl und mit hermetischem Luftabschluss	65
Isolierstoffe aller Klassen in bituminöser Isoliermasse	50
Isolierstoffklassen, weder in Öl noch in bituminöser Isoliermasse	
Y	45
A	60
E	75
B	85
F	110
H	135
ANMERKUNG Für einige Isolierstoffe (z. B. Gießharz) sollte der Hersteller die entsprechende Isolierstoffklasse angeben.	

Es sollte eine repräsentative Messung der Erwärmung an dem Teil des ECT durchgeführt werden, das als am wärmsten angenommen wird. Die Art der Messung ist von der verwendeten Wandlertechnologie abhängig (d. h. Widerstandsmessung an Wicklungen, Temperaturmessung des Primärleiters).

5.1.7 Bemessungshilfsspannung U_{ar}

Unter der Bemessungshilfsspannung wird die Spannung an den Versorgungsspannungsanschlüssen des jeweiligen Gerätes während seines Betriebes verstanden. Dabei sind in Reihe geschaltete Hilfswiderstände oder Zubehörteile, die vom Hersteller mitgeliefert oder gefordert werden, eingeschlossen, nicht jedoch die Zuleitungen zum Elektrizitätsnetz.

Die Bemessungshilfsspannung sollte aus den Normwerten ausgewählt werden, die in den Tabellen 3 und 4 angegeben sind.

Tabelle 3 – Gleichspannung

Gleichspannung V
24
<u>48</u>
60
<u>110</u> oder 125
<u>220</u> oder 250
ANMERKUNG Die bevorzugten Werte sind unterstrichen.

Tabelle 4 – Wechselspannung

Dreiphasen-Dreileiter- oder –Vierleiternetze	Einphasen-Dreileiternetze	Einphasen-Zweileiternetze
V	V	V
–	120/240	120
(220/380)	–	(220)
230/400	–	230
(240/415)	–	(240)
277/480	–	277
ANMERKUNG 1 In der ersten Spalte sind die niedrigeren Werte die Spannungen zum Neutraleiter und die höheren Werte die Spannungen zwischen den Außenleitern. In der zweiten Spalte ist der niedrigere Wert die Spannung zum Neutraleiter und der höhere Wert die Spannung zwischen den Außenleitern. ANMERKUNG 2 Künftig wird es nur den Wert 230/400 V als einzige IEC-Normspannung geben und bei Neuentwicklungen wird seine Verwendung empfohlen. Die Spannungsschwankungen vorhandener Netze mit 380/220 V und 415/240 V sollten in den Bereich von 400/230 V $\pm$ 10 % gebracht werden. Die Verringerung dieses Bereiches wird in einer späteren Stufe der Normung berücksichtigt.		

5.1.8 Bemessungsfrequenz der Hilfsspannung

Die Normwerte für die Bemessungsfrequenz der Hilfsspannung sind Gleichspannung, 50 Hz und 60 Hz.

5.1.9 Genormter Referenzbereich der Hilfsspannung

Der genormte Referenzbereich der Hilfsspannung ist durch die in [Tabelle 8](#) angegebenen langsamen Spannungsschwankungen festgelegt.

5.1.10 Genormter Referenzbereich der Temperatur

Falls nicht anders festgelegt, erstreckt sich der genormte Referenzbereich der Temperatur vom unteren Grenzwert bis zum oberen Grenzwert der Umgebungstemperatur nach [Abschnitt 4](#).

5.1.11 Genormter Referenzbereich der Anlaufverzögerung

Die genormten Höchstwerte der Anlaufverzögerung bei einem Primärstrom in Höhe seines Bemessungswertes sind:

keine – 1 ms – 2 ms – 5 ms.

Während der Anlaufverzögerung muss die Ausgangsspannung bei Analogausgang null und bei Digitalausgang ungültig (invalid) sein.

Es sollte darauf geachtet werden, dass Schutzgeräte während dieser Verzögerung keine Auslöseentscheidung treffen.

5.2 Normwerte des Bemessungsphasenversatzes

Die Normwerte für den Bemessungsphasenversatz sind:

0° und 90° (z. B. für Luftspulen ohne Integrator)

5.3 Bemessung des Digitalausgangs

5.3.1 Bemessungswerte bei Digitalausgang

Die Normwerte für den Effektivwert des sekundären Bemessungsausgangssignals sind in Tabelle 5 angegeben.

Tabelle 5 – Bemessungswerte des Digitalausgangs

	Mess-ECT (Skalierungsfaktor SCM)	Schutz-ECT (Skalierungsfaktor SCP)	EVT (Skalierungsfaktor SV)
Bemessungswert (Bereichszeichen = 0)	2D41 H (dezimal: 11585)	01CF H (dezimal: 463)	2D41 H (dezimal: 11585)
Bemessungswert für angepassten Bereich (Bereichszeichen = 1)	2D41 H (dezimal: 11585)	00E7 H (dezimal: 231)	2D41 H (dezimal: 11585)
ANMERKUNG 1 Die angegebenen Werte sind hexadezimale Zahlen, die den primären Bemessungsstrom auf der digitalen Seite darstellen (Effektivwerte). ANMERKUNG 2 Schutz-ECT können ohne Überlauf bis zum 50fachen primären Bemessungsstrom messen (unverlagert) oder bis zum 25fachen (voll verlagert). Mess-ECT und EVT können bis zum zweifachen primären Bemessungsbereich messen. ANMERKUNG 3 Wenn das Ausgangssignal des Wandlers die Ableitung des Primärstromes ist, weicht der dynamische Bereich vom dynamischen Bereich eines Stromwandlers ab. Der Bereichsendwert von Stromwandlern steht in Beziehung zur Gleichstromkomponente, die durch bestimmte transiente Vorgängen induziert wird. Nach der Ableitung verringert sich die Amplitude dieser niederfrequenten Komponente. Ein Schutz-ECT, welcher die Ableitung des Stromes bildet, kann daher – beispielsweise mit dem Bereichszeichen = 0 - bis zum 50fachen primären Bemessungsstrom ohne Gleichstromkomponente (unverlagert) oder bis zum 25fachen primären Bemessungsstrom mit voller Gleichstromkomponente (voll verlagert) messen. ANMERKUNG 4 Bei Schutz-ECT verdoppelt sich der ohne Überlauf maximal messbare Primärstrom, wenn das Bereichszeichen gesetzt ist.			

5.3.2 Normwerte für die Verzögerungszeit t_{dr}

Die Normwerte für die Bemessungsverzögerungszeit sind:

$$2 \cdot T_s, 3 \cdot T_s \quad (T_s \text{ ist der Kehrwert der digitalen Datenrate})$$

ANMERKUNG 1 Wenn der Datenrahmen nur Daten zur Zählung enthält, sind höhere Verzögerungszeiten erlaubt – aber begrenzt auf den Höchstwert 3,3 ms – um eine optimale Anti-Aliasing-Filterung zu erreichen.

ANMERKUNG 2 Wenn die Sammeleinheit für den Betrieb mit Takt-Synchronisation vorgesehen ist, ist die Bemessungsverzögerungszeit 3 ms (+10 %–100 %) für alle Datenraten, da sie keinen Einfluss auf den Fehlwinkel hat.

5.3.3 Normwerte für die digitale Datenrate $1/T_s$

Die Normwerte für die digitale Datenrate sind:

$$80 \cdot f_r - 48 \cdot f_r - 20 \cdot f_r \quad \text{mit } f_r = 50 \text{ Hz oder } 60 \text{ Hz,}$$

$$\text{und } 48 \cdot f_r \quad \text{mit } f_r = 16 \frac{2}{3} \text{ Hz.}$$

ANMERKUNG 1 Für $20 \cdot f_r$ und $48 \cdot f_r$ und $48 \cdot f_r$ können nicht in allen Genauigkeitsklassen alle Anforderungen an die Messgenauigkeit bei Oberschwingungen (siehe [Anhang D](#)) erfüllt werden.

ANMERKUNG 2 Falls in ein System mit einer höheren Datenrate als benötigt eingespeist wird, sollten in den sekundärseitigen Einrichtungen Verfahren zur Abtastreduzierung (under-sampling) angewandt werden, die in [IEC 60255-24](#) (übliches Format zum Austausch von Daten über Transienten in Energieversorgungssystemen) beschrieben werden.

5.4 Bemessung des analogen Spannungsausgangs

5.4.1 Normwerte für die Verzögerungszeit t_{dr}

Die Normwerte für die Bemessungsverzögerungszeit sind:

keine, 50 μ s, 100 μ s, 200 μ s, 500 μ s.

5.4.2 Normwerte für die sekundäre Bemessungsspannung U_{sr}

Die genormten Effektivwerte für die sekundäre Bemessungsspannung U_{sr} bei primärem Bemessungsstrom sind:

22,5 mV – 150 mV – 200 mV – 225 mV – 4 V.

Für Stromwandler ohne Sekundärumschalter (das Sekundärgerät wird direkt an das Übertragungssystem angeschlossen - siehe Bild 1), wie sie üblicherweise in der Mittelspannung eingesetzt werden, sind die Normwerte:

- 22,5 mV und 225 mV für ECT mit einem Ausgangssignal proportional zum Primärstrom (z. B. Wandler mit Eisenkern und integrierter Bürde),
- 150 mV für ECT mit einem Ausgangssignal proportional zur Ableitung des Stromes (z. B. Luftspulen).

ANMERKUNG Die Bemessungswerte 40 mV, 100 mV und 1 V dürfen bei bereits vorhandenen Konstruktionen benutzt werden.

Für Anwendungen, in welchen elektronische Sekundärumschalter (siehe Bild 1) eingesetzt werden, sind die Normwerte 200 mV für Schutzanwendungen und 4 V für Messanwendungen.

ANMERKUNG Die Bemessungsspannung 200 mV wird ebenfalls von ANSI für den analogen Schutzgang empfohlen. Für den Messgang empfiehlt ANSI 2 V wegen eines Messbereiches bis zum vierfachen I_{pr} . Bei geschickter Wahl des spezifizierten Wertes für I_{pr} sind beide Normwerte kompatibel.

5.4.3 Bemessungsbürde R_{br}

Die Normwerte für die Bemessungsbürde in Ohm sind:

2 k Ω – 20 k Ω – 2 M Ω .

Die Gesamtbürde muss gleich der Bemessungsbürde oder größer sein.

ANMERKUNG Die Parallelkapazität elektrischer Mess- und elektrischer Schutzgeräte sollte beachtet werden.

6 Konstruktionsanforderungen

6.1 Allgemeine Konstruktionsanforderungen

6.1.1 Isolationsanforderungen

6.1.1.1 Bemessungsisolationspegel für Primäranschlüsse (IEC 60044-1, 5.1.1)

6.1.1.2 Weitere Anforderungen an die Isolation von Primäranschlüssen (IEC 60044-1, 5.1.2)

6.1.1.2.1 Steh-Wechselspannung (IEC 60044-1, 5.1.2.1)

6.1.1.2.2 Teilentladungen (IEC 60044-1, 5.1.2.2)

6.1.1.2.3 Abgeschnittene Blitzstoßspannungen (IEC 60044-1, 5.1.2.3)

6.1.1.2.4 Kapazität und Verlustfaktor (IEC 60044-1, 5.1.2.4)

6.1.1.2.5 Vielfachstöße (IEC 60044-1, 5.1.2.5)

6.1.1.3 Spannungsfestigkeit von Niederspannungskomponenten

Niederspannungskomponenten wie die Sammeleinheit und die Sekundärumsatzer beinhalten im Allgemeinen mehrere getrennte Stromkreise mit gegenseitiger galvanischer Trennung. Diese Isolierung muss nachfolgende Anforderungen erfüllen können:

Tabelle 6 – Spannungsfestigkeit der Niederspannungskomponenten

zu prüfende Eingänge	Ausführungsformen und Referenznormen	Steh-Wechselspannung	Stoßspannung
Stromversorgungsanschlüsse	In Übereinstimmung mit IEC 60694, 6.2.10	2,0 kV AC, 1 min für AC Stromversorgung oder 2,8 kV DC, 1 min für DC Stromversorgung	5 kV, 1,2/50 µs
Ein- und Ausgänge, die an eine galvanische Verbindung zwischen Schaltfeld und Warte angeschlossen sind. (siehe Bild 15)	<i>Ausführungsform 1:</i> Zweifach geschirmtes, paarweise verdrehtes Kabel, bei dem eine oder beide Abschirmungen und die Signaladern über einen am Kabel befestigten Stecker an das Sekundärgerät angeschlossen sind und nur eine Abschirmung mit dem Wandler verbunden ist.	1,5 kV AC, 1 min oder 2,1 kV DC, 1 min	5 kV, 1,2/50 µs
	<i>andere Ausführungsformen:</i> (in Übereinstimmung mit IEC 60694, 6.2.10 und IEC 60255-5, 8)	2,0 kV AC, 1 min oder 2,8 kV DC, 1 min	5 kV, 1,2/50 µs
Andere Ein- und Ausgänge (siehe Bild 15)	(in Übereinstimmung mit Abschnitt 6 in IEC 60255-5 und IEC 61850-3)	500 V AC, 1 min oder 700 V DC, 1 min	
ANMERKUNG Die DC-Prüfung wird nur bei elektronischen Geräten empfohlen.			

6.1.1.4 Anforderungen an die äußere Isolierung

6.1.1.4.1 Allgemeines

Falls der ECT mit keramischem Hochspannungsisolator ausgestattet ist, sollte der Isolator IEC 60815 entsprechen. Falls der ECT mit einem hohlen Verbundisolator ausgestattet ist, sollte der Isolator IEC 61462 genügen.

6.1.1.4.2 Verschmutzung

Für elektronische Stromwandler für den Freilufteinsatz mit keramischem Hochspannungsisolator, die der Verschmutzung ausgesetzt sind, sind die Kriechwege für gegebene Verschmutzungsgrade in Tabelle 7 angegeben.

Tabelle 7 – Kriechwege für gegebene Verschmutzungsgrade

Verschmutzungsgrad		Kleinsten spezifischen Nenn-Kriechweg mm/kV ^{a, b}	Kriechweg / Schlagweite
I	Leicht	16	≤ 3,5
II	Mittel	20	
III	Schwer	25	≤ 4,0
IV	Sehr schwer	31	
^a Verhältnis des Kriechweges zwischen Leiter und Erde zum Effektivwert Leiter-Leiter der höchsten Spannung für Betriebsmittel (siehe IEC 60071-1).			
^b Weitere Informationen und Fertigungstoleranzen zum Kriechweg siehe IEC 60815.			

ANMERKUNG 1 Es ist bekannt, dass die Eigenschaften der Oberflächenisolation stark von der Isolatorform beeinflusst werden.

ANMERKUNG 2 In Gebieten mit sehr leichter Verschmutzung dürfen, abhängig von der Betriebserfahrung, Nennwerte des spezifischen Kriechweges kleiner 16 mm/kV verwendet werden. Die untere Grenze ist 12 mm/kV.

ANMERKUNG 3 In Fällen außergewöhnlicher Verschmutzung kann der Nennwert des spezifischen Kriechweges von 31 mm/kV unzureichend sein. Abhängig von der Betriebserfahrung und/oder Labor-Prüfergebnissen kann ein höherer Wert des spezifischen Kriechweges verwendet werden, aber in manchen Fällen muss möglicherweise das Waschen der Isolatoren in Betracht gezogen werden.

6.1.2 Allgemeine Anforderungen hinsichtlich der Übertemperatur

Der elektronische Stromwandler muss so bemessen und aufgebaut sein, dass er ohne Überschreitung des festgelegten Grenzwertes der Übertemperatur und ohne Beschädigungen den Wärmeeinwirkungen widersteht, die durch nachfolgende Bedingungen verursacht werden:

- höchste festgelegte Umgebungstemperatur;
- Bemessungsfrequenz;
- thermischer Bemessungs-Dauerstrom;
- die Kombination aus Hilfsspannung und sekundärseitiger Bürde, die die größte innere Verlustleistung des Sekundärumsatzers hervorrufen.

6.1.3 Anforderungen hinsichtlich der Funkstörspannung

Der Zweck der Anforderung hinsichtlich der Funkstörspannung ist, die Störausstrahlung von durch den elektronischen Messwandler hervorgerufenen Koronaentladungen nachzuweisen. Die Hauptursache der Koronaentladungen sind Hochspannungsbauteile und Teilentladungen auf der Oberfläche des Isolatorgehäuses. Diese Prüfung ist auf elektronische Messwandler mit $U_m \geq 123$ kV anwendbar.

Die Anforderung und das Prüfverfahren sind in IEC 60044-1 beschrieben.

6.1.4 Anforderungen hinsichtlich der übertragenen Überspannung

Der Zweck der Anforderung hinsichtlich der übertragenen Überspannung ist, die Übertragung von Überspannungen nachzuweisen, welche von der Primärseite des elektronischen Messwandlers auf den sekundärseitigen Ausgang, die Sammeleinheit oder die Energieversorgung übertragen werden.

Die Hauptursache für Überspannungen sind Schaltvorgänge in Hochspannungsgeräten. Diese Anforderung ist nicht anwendbar, wenn ein galvanisch isoliertes Übertragungssystem benutzt wird (siehe Bild 1).