

**Messwandler –
Anwendung von Messwandlern bei der Messung der
Spannungsqualität**
(IEC TR 61869-103:2012)

Instrument transformers –
The use of instrument transformers for power quality measurement
(IEC TR 61869-103:2012)

Medieninhaber und Hersteller:

OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik
Austrian Standards Institute

Copyright © OVE/Austrian Standards Institute – 2013.

Alle Rechte vorbehalten! Nachdruck oder
Vervielfältigung, Aufnahme auf oder in sonstige Medien
oder Datenträger nur mit Zustimmung gestattet!

**Verkauf von in- und ausländischen Normen und
technischen Regelwerken durch**

Austrian Standards Institute
Heinestraße 38, 1020 Wien
E-Mail: sales@as-plus.at
Internet: www.as-plus.at
Webshop: www.as-plus.at/shop
Tel.: +43 1 213 00-444
Fax: +43 1 213 00-818

Alle Regelwerke für die Elektrotechnik auch erhältlich bei
OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik
Eschenbachgasse 9, 1010 Wien
E-Mail: verkauf@ove.at
Internet: www.ove.at
Webshop: www.ove.at/webshop
Tel.: +43 1 587 63 73
Fax: +43 1 587 63 73 - 99

ICS 17.220.20

Ident (IDT) mit IEC TR 61869-103:2012 (Übersetzung)

zuständig OVE/Komitee
TK MR
Mess- und Regelungstechnik

Nationales Vorwort

Diese Technische Bericht IEC TR 61869-103:2012 hat sowohl den Status von ÖSTERREICHISCHEN BESTIMMUNGEN FÜR DIE ELEKTROTECHNIK gemäß ETG 1992 als auch den einer ÖNORM gemäß NG 1971. Bei ihrer Anwendung ist dieses Nationale Vorwort zu berücksichtigen.

Für den Fall einer undatierten normativen Verweisung (Verweisung auf einen Standard ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste Ausgabe dieses Standards.

Für den Fall einer datierten normativen Verweisung bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Standards.

Der Rechtsstatus dieser ÖSTERREICHISCHEN BESTIMMUNGEN FÜR DIE ELEKTROTECHNIK/ÖNORM ist den jeweils geltenden Verordnungen zum Elektrotechnikgesetz zu entnehmen.

Bei mittels Verordnungen zum Elektrotechnikgesetz verbindlich erklärten ÖSTERREICHISCHEN BESTIMMUNGEN FÜR DIE ELEKTROTECHNIK/ÖNORMEN ist zu beachten:

- Hinweise auf Veröffentlichungen beziehen sich, sofern nicht anders angegeben, auf den Stand zum Zeitpunkt der Herausgabe dieser ÖSTERREICHISCHEN BESTIMMUNGEN FÜR DIE ELEKTROTECHNIK/ÖNORM. Zum Zeitpunkt der Anwendung dieser ÖSTERREICHISCHEN BESTIMMUNGEN FÜR DIE ELEKTROTECHNIK/ÖNORM ist der durch die Verordnungen zum Elektrotechnikgesetz oder gegebenenfalls auf andere Weise festgelegte aktuelle Stand zu berücksichtigen.
- Informative Anhänge und Fußnoten sowie normative Verweise und Hinweise auf Fundstellen in anderen, nicht verbindlichen Texten werden von der Verbindlicherklärung nicht erfasst.

– Leerseite –

Copyright OVE

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	2
1 Anwendungsbereich.....	10
2 Normative Verweisungen	10
3 Begriffe	10
4 Art der Problemstellung	14
5 Parameter der Spannungsqualität nach IEC 61000-4-30:2008	15
5.1 Allgemeines	15
5.2 Messkette zur Messung der Spannungsqualität	15
5.3 Signalverarbeitung nach IEC 61000-4-30:2008	16
5.4 Netzfrequenz	17
5.5 Betrag der Versorgungsspannung	17
5.6 Flicker (Flimmern).....	17
5.7 Einbrüche und Überhöhungen der Versorgungsspannung.....	19
5.8 Spannungsunterbrechungen	19
5.9 Transiente Spannungen	20
5.10 Unsymmetrie der Versorgungsspannung.....	20
5.11 Spannungsüberschwingungen	21
5.12 Zwischenharmonische der Spannung	22
5.13 Spannungen in der Versorgungsspannung aus der Signalübertragung auf elektrischen Netzen	22
5.14 Schnelle Spannungsänderungen	22
5.15 Messung der Parameter der Unterabweichung und Überabweichung	22
5.16 Zusammenfassung der Anforderungen, die durch die Parameter der Spannungsqualität gestellt werden	22
6 Einfluss von Messwandlern auf die Messung der Spannungsqualität	23
6.1 Allgemeines	23
6.2 Induktive Messwandler	25
6.3 Kapazitive Spannungswandler	36
6.4 Elektronische Messwandler	43
7 Prüfungen der Spannungsqualität.....	70
7.1 Prüfverfahren für den Frequenzgang von Spannungswandlern	71
7.2 Prüfaufbau für die Prüfung des Frequenzgangs von Spannungswandlern	72
7.3 Prüfverfahren für den Frequenzgang von Stromwandlern	73
7.4 Prüfaufbau für die Prüfung des Frequenzgangs von Stromwandlern	73
7.5 Besondere Betrachtungen für die Prüfung von elektronischen Messwandlern mit digitalem Ausgang	75
7.6 Prüfungen für elektronische Messwandler nach IEC 60044-8	75
Anhang A Messwandler und Messung der Spannungsqualität – Offene Fragen	78
Anhang B Wandlerklassen	82

	Seite
Literaturhinweise	86
 Bilder	
Bild 1 – Messkette (aus h), modifiziert)	16
Bild 2 – Beitrag von Messwandlern zur Gesamt-Messunsicherheit (aus i), modifiziert)	16
Bild 3 – Beispiel für Spannungsschwankungen, die Flicker verursachen	18
Bild 4 – Demodulation innerhalb des IEC-Flickermeters	18
Bild 5 – Beispiel für einen Spannungseinbruch	19
Bild 6 – Beispiel für eine Spannungsunterbrechung	20
Bild 7 – Beispiel für die Spannungsunsymmetrie	21
Bild 8 – Beispiel für Spannungsüberschwingungen	22
Bild 9 – Frequenzbereich der Technologien von Spannungswandlern nach dem heutigen Kenntnisstand	24
Bild 10 – Frequenzbereich der Technologien von Stromwandlern nach dem heutigen Kenntnisstand	25
Bild 11 – Beispiel einer Ersatzschaltung für einen induktiven Spannungs-/Stromwandler	26
Bild 12 – Querschnitt eines induktiven Spannungswandlers für Spannungen über 1 kV bis 52 kV	27
Bild 13 – Querschnitt eines freistehenden Hochspannungswandlers	29
Bild 14 – Frequenzgang eines typischen induktiven Spannungswandlers für 420 kV	30
Bild 15 – Erste Resonanzspitze in Abhängigkeit von der Systemspannung U_m	30
Bild 16 – Querschnitt eines Stromwandlers (mit freundlicher Genehmigung von Schneider Electric)	33
Bild 17 – Ergebnisse, die mit einem Stromwandler für 245 kV erzielt worden sind (mit freundlicher Genehmigung der Trench Switzerland AG)	35
Bild 18 – Ergebnisse, die mit einem Stromwandler für 245 kV erzielt worden sind: Ausschnitt	35
Bild 19 – Querschnitt eines kapazitiven Spannungswandlers	36
Bild 20 – Kapazitiver Spannungswandler: Ersatzschaltung bei Netzfrequenz	37
Bild 21 – Vereinfachte Ersatzschaltung für einen kapazitiven Spannungswandler ohne Kompensationsdrossel	38
Bild 22 – Vereinfachte Ersatzschaltung für einen kapazitiven Spannungswandler bei Netzfrequenz	38
Bild 23 – Vollständiges Ersatzschaltbild für einen kapazitiven Spannungswandler bei Netzfrequenz	39
Bild 24 – Mit einem kapazitiven Spannungswandler mit einem Anschluss für die Oberschwingungsmessung durchgeführte Messungen	41
Bild 25 – Vergleich der verschiedenen Messungen mit und ohne Anschluss zur Oberschwingungsüberwachung	42
Bild 26 – Grundaufbau eines Kristalls, der den Pockels-Effekt bewirkt	46
Bild 27 – Verschiedene Lösungen für das Anlegen einer Spannung an den aktiven Kristall	47
Bild 28 – Verschiedene Methoden für das Teilen der Gesamtspannung vor dem Anlegen an den Kristall	47
Bild 29 – Grundaufbau eines Pockels-Sensors	48
Bild 30 – Industrielle Pockels-Zelle	49
Bild 31 – Berechnung des Frequenzgangs für einen optischen Spannungswandler	49
Bild 32 – Querschnittsansicht und elektrisches Schaltbild eines ohmschen Spannungsteilers (aus v)	50

	Seite
Bild 33 – Übersetzungsfehler eines ohmschen Mittelspannungsteilers	51
Bild 34 – Fehlwinkel eines ohmschen Mittelspannungsteilers	52
Bild 35 – Elektrisches Schaltbild eines kapazitiven Spannungsteilers	53
Bild 36 – Ersatzschaltung eines RC-Spannungsteilers (aus w), x))	55
Bild 37 – Ersatzschaltung eines symmetrischen RC-Spannungsteilers (aus x))	56
Bild 38 – Frequenzgang eines RC-Spannungsteilers.....	56
Bild 39 – Mit einem RC-Spannungsteiler mit einem Spannungspegel von 145 kV und mit einer Kabellänge von 150 m durchgeführte Messungen.....	57
Bild 40 – Prinzip der Messung mit einem optischen Stromwandler (aus v))	58
Bild 41 – Prinzip der Messung mit einem optischen Stromwandler	59
Bild 42 – Berechnung des Frequenzgangs für einen optischen Stromwandler	59
Bild 43 – Typische Frequenzgangmessung eines Kleinsignal-Stromwandlers	61
Bild 44 – Ersatzschaltung einer Rogowski-Spule	62
Bild 45 – Elektrisches Schaltbild und Bild eines Stromwandlers mit Rogowski-Spule	64
Bild 46 – Elektrisches Schaltbild für die Strommessung mit einem Shunt	66
Bild 47 – Shunt für Gleichstromanwendungen	66
Bild 48 – Ersatzschaltbild für einen kompensierten Shunt	66
Bild 49 – Theoretisch mögliche Bandbreite eines Shunts für 5 kA/150 mV	67
Bild 50 – Hall-Sensor	69
Bild 51 – Hall-Sensor	69
Bild 52 – Hall-Sensor	70
Bild 53 – Prüfschaltung für die Prüfung des Frequenzgangs eines Spannungswandlers.....	72
Bild 54 – Prüfschaltung für die Prüfung des Frequenzgangs von Spannungswandlern	73
Bild 55 – Prüfschaltung für die Prüfung des Frequenzgangs eines Stromwandlers	74
Bild 56 – Prüfschaltung für die Prüfung des Frequenzgangs von Stromwandlern	74
Bild 57 – Prüfaufbau für elektronische Stromwandler für Messzwecke mit digitalem Ausgang.....	76
Bild 58 – Prüfaufbau für elektronische Stromwandler mit analogem Ausgang	77
Bild A.1 – Beispiel für „unechte Spannungseinbrüche“; Transienten, die an der Sekundärwicklung von Mittelspannungswandlern infolge der Sättigung des Spannungswandlers aufgezeichnet werden	81

Tabellen

Tabelle 1 – Störungen der Spannungsqualität und Messintervalle nach IEC 61000-4-30:2008	17
Tabelle 2 – Wandlerparameter, die die Messung der Spannungsqualität beeinflussen	23
Tabelle 3 – Hauptkomponenten eines induktiven Spannungswandlers für Spannung über 1 kV bis 52 kV.....	27
Tabelle 4 – Induktive Spannungswandler für Spannungen über 1 kV bis 52 kV: Einfluss auf die Messung der Parameter der Spannungsqualität.....	28
Tabelle 5 – Induktive Spannungswandler für Spannungen über 52 kV bis 1 100 kV: Einfluss auf die Messung der Parameter der Spannungsqualität.....	31
Tabelle 6 – Hauptkomponenten eines induktiven Stromwandlers für Spannung über 1 kV bis 52 kV	32

	Seite
Tabelle 7 – Induktive Stromwandler für Spannungen über 1 kV bis 52 kV: Einfluss auf die Messung der Parameter der Spannungsqualität	33
Tabelle 8 – Hauptkomponenten eines induktiven Stromwandlers für Spannung über 52 kV bis 1 100 kV	34
Tabelle 9 – Induktive Stromwandler für Spannungen über 52 kV bis 1 100 kV: Einfluss auf die Messung der Parameter der Spannungsqualität	36
Tabelle 10 – Kapazitive Spannungswandler: Einfluss auf die Messung der Parameter der Spannungsqualität	40
Tabelle 11 – Kapazitive Spannungswandler mit Anschluss zur Oberschwingungsmessung: Einfluss auf die Messung der Parameter der Spannungsqualität	42
Tabelle 12 – Kapazitive Spannungswandler mit zusätzlichen Einrichtungen zur Messung der Spannungsqualität: Einfluss auf die Messung der Parameter der Spannungsqualität	43
Tabelle 13 – Genauigkeitsklassen für die Energiezählung	44
Tabelle 14 – Genauigkeitsklassen für die Messung der Spannungsqualität	44
Tabelle 15 – Optische Spannungswandler: Einfluss auf die Messung der Parameter der Spannungsqualität	50
Tabelle 16 – Ohmsche Mittelspannungsteiler: Einfluss auf die Messung der Parameter der Spannungsqualität	52
Tabelle 17 – Kapazitive Spannungsteiler: Einfluss auf die Messung der Parameter der Spannungsqualität	54
Tabelle 18 – RC-Spannungsteiler: Einfluss auf die Messung der Parameter der Spannungsqualität	57
Tabelle 19 – Optische Stromwandler: Einfluss auf die Messung der Parameter der Spannungsqualität	60
Tabelle 20 – Hauptkomponenten von Kleinsignal-Stromwandlern	61
Tabelle 21 – Hauptkomponenten von Rogowski-Sensoren	64
Tabelle 22 – Stromwandler mit Rogowski-Spule: Einfluss auf die Messung der Parameter der Spannungsqualität	65
Tabelle 23 – Shunt: Einfluss auf die Messung der Parameter der Spannungsqualität	68
Tabelle 24 – Hall-Sensoren: Einfluss auf die Messung der Parameter der Spannungsqualität	70
Tabelle 25 – Parameter der Spannungsqualität und Anforderungen an Strom- und Spannungswandler	71
Tabelle 26 – Prüfströme und -spannungen für allgemeine Genauigkeitsklassen	75
Tabelle 27 – Prüfströme und -spannungen für spezifische Genauigkeitsklassen	75
Tabelle B.1 – Beispiel für eine Prüftabelle mit den möglichen Hauptanforderungen für Genauigkeitsprüfungen	84