

DIN EN IEC 61803



ICS 29.200

Ersatz für
DIN EN 61803:2017-04
Siehe Anwendungsbeginn

**Bestimmung der Leistungsverluste in Hochspannungsgleichstrom-
(HGÜ-)Stromrichterstationen mit netzgeführten Stromrichtern
(IEC 61803:2020);
Deutsche Fassung EN IEC 61803:2020**

Determination of power losses in high-voltage direct current (HVDC) converter stations
with line-commutated converters
(IEC 61803:2020);
German version EN IEC 61803:2020

Détermination des pertes en puissance dans les postes de conversion en courant continu
à haute tension (CCHT) munis de convertisseurs commutés par la ligne
(IEC 61803:2020);
Version allemande EN IEC 61803:2020

Gesamtumfang 41 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2020-11-23 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2021-06-01.

Für DIN EN 61803:2017-04 besteht eine Übergangsfrist bis 2023-11-23.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN IEC 61803:2019-07.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 331 „Leistungselektronik“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DKE (www.dke.de) und DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom SC 22F „Power electronics for electrical transmission and distribution systems“ erarbeitet und unterliegt dem Copyright der IEC .

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

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN 61803:2017-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Es wird berücksichtigt, dass die heutige Herstellungstechnologie für Thyristoren eine wesentlich geringere Streuung der Thyristorparameter gegenüber der Situation im Jahr 1999, als die Norm erarbeitet wurde, aufweist und somit für die Berechnung der Leistungsverluste die Herstellungsaufzeichnungen der Thyristoren herangezogen werden können (5.1.7 und 5.8);
- b) die Korrektur betrifft die Berechnung der Gesamt-Lastverluste der Station (Fall D in Anhang C);
- c) die logische Reihenfolge der Abschnitte, Unterabschnitte und Anhänge der Norm wird eingehalten;
- d) die deutsche Übersetzung wurde in Abschnitt 2 an die aktuellen Standardsätze angepasst.

Frühere Ausgaben

DIN EN 61803: 2000-07, 2011-09, 2017-04

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit europäischen und internationalen Dokumenten

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

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

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ist nachstehend wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60076-1	IEC 60076-1	DIN EN 60076-1 (VDE 0532-76-1)	VDE 0532-76-1
EN 60076-6	IEC 60076-6	DIN EN 60076-6 (VDE 0532-76-6)	VDE 0532-76-6
EN IEC 60633	IEC 60633	–	–
EN 60700-1:2015	IEC 60700-1:2015	DIN EN 60700-1 (VDE 0553-1):2016-07	VDE 0553-1
EN 60871-1	IEC 60871-1	DIN EN 60871-1 (VDE 0560-410)	VDE 0560-410

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60076-1 (VDE 0532-76-1), *Leistungstransformatoren – Teil 1: Allgemeines*

DIN EN 60076-6 (VDE 0532-76-6), *Leistungstransformatoren – Teil 6: Drosselspulen*

DIN EN 60700-1 (VDE 0553-1):2016-07, *Thyristorventile für Hochspannungsgleichstrom-Energieübertragung (HGÜ) – Teil 1: Elektrische Prüfung (IEC 60700-1:2015); Deutsche Fassung EN 60700-1:2015*

DIN EN 60871-1 (VDE 0560-410), *Parallelkondensatoren für Wechselspannungs-Starkstromanlagen mit einer Bemessungsspannung über 1 kV – Teil 1: Allgemeines*

Bestimmung der Leistungsverluste in Hochspannungsgleichstrom-
(HGÜ-)Stromrichterstationen mit netzgeführten Stromrichtern
(IEC 61803:2020)

Determination of power losses in high-voltage
direct current (HVDC) converter stations with line-
commutated converters
(IEC 61803:2020)

Détermination des pertes en puissance dans les
postes de conversion en courant continu à
haute tension (CCHT) munis de convertisseurs
commutés par la ligne
(IEC 61803:2020)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2020-11-23 angenommen. 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 CEN-CENELEC Management Centre 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 CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

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



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

CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Europäisches Vorwort

Der Text des Dokuments 22F/563/CDV, zukünftige 2. Ausgabe der IEC 61803, erarbeitet vom SC 22F „Power electronics for electrical transmission and distribution systems“ des IEC/TC 22 „Power electronic systems and equipment“ wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN IEC 61803:2020 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2021-08-23
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2023-11-23

Dieses Dokument ersetzt EN 61803:1999 und alle Änderungen und Berichtigungen (falls vorhanden).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CENELEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61803:2020 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Anhang ZA (normativ)

Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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).

ANMERKUNG 1 Ist eine internationale Publikation durch gemeinsame Abänderungen modifiziert worden, gekennzeichnet durch (mod.), dann gilt die entsprechende EN oder das HD.

ANMERKUNG 2 Aktualisierte Informationen über die in diesem Anhang aufgeführten aktuellen Fassungen der Europäischen Normen sind hier verfügbar: www.cenelec.eu.

<u>Publikation</u>	<u>Jahr</u>	<u>Titel</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Jahr</u>
IEC 60076-1	–	Power transformers – Part 1: General	EN 60076-1	–
IEC 60076-6	–	Power transformers – Part 6: Reactors	EN 60076-6	–
IEC 60633	–	High-voltage direct current (HVDC) transmission – Vocabulary	EN IEC 60633	–
IEC 60700-1	2015	Thyristor valves for high voltage direct current (HVDC) power transmission – Part 1: Electrical testing	EN 60700-1	2015
IEC 60871-1	–	Shunt capacitors for a.c. power systems having a rated voltage above 1 000 V – Part 1: General	EN 60871-1	–

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	2
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	3
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe und Symbole	6
3.1 Begriffe	6
3.2 Buchstabensymbole	8
4 Übersicht	8
4.1 Allgemeines	8
4.2 Umgebungsbedingungen	9
4.2.2 Referenz-Normalaußentemperatur	9
4.2.3 Referenz-Normaltemperatur des Kühlmittels	9
4.2.4 Referenz-Normalluftdruck	10
4.3 Betriebsparameter	10
5 Bestimmung der Geräteverluste.....	10
5.1 Verluste der Thyristorventile.....	10
5.1.2 Thyristordurchlassverluste je Ventil.....	11
5.1.3 Thyristorstromausbreitungsverluste je Ventil	12
5.1.4 Weitere Stromleitungsverluste je Ventil	12
5.1.5 Gleichspannungsabhängige Verluste je Ventil.....	13
5.1.6 Dämpfungsverluste je Ventil (widerstandsabhängiger Anteil).....	14
5.1.7 Dämpfungsverluste je Ventil (Anteil durch Änderung der Kondensatorenergie)	14
5.1.8 Abschaltverluste je Ventil	15
5.1.9 Drosselverluste je Ventil	15
5.1.10 Gesamtverluste des Ventils.....	16
5.1.11 Temperatureinflüsse.....	16
5.1.12 Leerlaufverluste je Ventil	16
5.2 Verluste des Stromrichtertransformators.....	17
5.2.1 Allgemeines	17
5.2.2 Leerlaufverluste	17
5.2.3 Betriebsverluste.....	17
5.2.4 Leistungsverluste durch Hilfsbetriebe	19
5.3 Verluste in Wechselstromfiltern.....	19
5.3.1 Allgemeines	19
5.3.2 Kondensatorverluste in Wechselstromfiltern	19
5.3.3 Drosselverluste in Wechselstromfiltern	20
5.3.4 Widerstandsverluste in Wechselstromfiltern	20

	Seite
5.3.5 Gesamtverluste durch Wechselstromfilter	20
5.4 Verluste durch Kompensationskondensatorbatterien	20
5.5 Verluste durch Kompensationsdrosseln	21
5.6 Verluste der Gleichstromglättungsdrossel	21
5.7 Verluste des Gleichstromfilters	22
5.7.1 Allgemeines.....	22
5.7.2 Verluste von Gleichstromfilterkondensatoren	22
5.7.3 Drosselverluste in Gleichstromfiltern	23
5.7.4 Verluste in Gleichstromfilterwiderständen.....	23
5.7.5 Gesamtverluste des Gleichstromfilters	23
5.8 Verluste durch Stationshilfsbetriebe	23
5.9 Verluste in Reihenfiltern	24
5.10 Weitere Verluste.....	25
Anhang A (informativ) Berechnung der Oberschwingungsströme und -spannungen.....	31
A.1 Oberschwingungsströme in Stromrichtertransformatoren	31
A.2 Oberschwingungsströme in den Wechselstromfiltern.....	31
A.3 Oberschwingungsspannungen auf der Gleichstromseite	32
A.4 Gleichstromseitige Oberschwingungsströme in der Glättungsdrossel	32
Anhang B (informativ) Typische Stationsverluste	33
Anhang C (informativ) Bewertung von HGÜ-Stationsverlusten – Eine Erläuterung	34
C.1 Allgemeines.....	34
C.2 Verlustbewertung in verschiedenen Fällen	35
Literaturhinweise	37
Bilder	
Bild 1 – Typische HGÜ-Geräte für einen Pol.....	26
Bild 2 – Vereinfachtes Dreiphasenschaltbild eines 12-pulsigen HGÜ-Stromrichters.....	27
Bild 3 – Vereinfachtes Ersatzschaltbild eines typischen Thyristorventils	27
Bild 4 – Kurvenverläufe von Strom und Spannung an einem Ventil im 12-pulsigen Stromrichter	28
Bild 5 – Thyristor-Durchlasskennlinie	29
Bild 6 – Durchlassstrom und Spannungsabfall	29
Bild 7 – Aufteilung der Kommutierungsimpedanz zwischen L_1 und L_2	30
Bild 8 – Thyristorstrom während der Sperrerholzeit.....	30
Tabellen	
Tabelle B.1 – Typische Werte von Verlusten	33
Tabelle C.1 – Bedingungen für die Berechnung von Verlusten im Fall D1	36
Tabelle C.2 – Bedingungen für die Berechnung von Verlusten im Fall D2.....	36

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm ist anzuwenden für alle netzgeführten Hochspannungsgleichstrom-(HGÜ-)Stromrichterstationen, die für den Leistungsaustausch in Netzen von Energieversorgungsunternehmen verwendet werden. Die Norm setzt die Anwendung von 12-pulsigen Thyristorstromrichtern voraus, kann aber auch bei besonderer Beachtung von abweichenden Bedingungen für 6-pulsige Thyristorstromrichter angewendet werden.

In einigen Anwendungsfällen können Synchron- oder statische Blindleistungskompensatoren an die Wechselstromsammelschiene der HGÜ-Stromrichterstation angeschlossen sein. Die Verfahren zur Bestimmung der Verluste solcher Einrichtungen sind in diesem Dokument nicht enthalten.

Dieses Dokument stellt eine Reihe von genormten Verfahren zur Bestimmung der Gesamtverluste von HGÜ-Stromrichterstationen vor. Die Verfahren schließen alle Teile, außer den vorstehend genannten, ein und behandeln Leerlauf- und Betriebsverluste in Verbindung mit ihren Berechnungsverfahren, die, wo immer möglich, gemessene Parameter verwenden.

Bauarten von Stromrichterstationen, die gegenüber der in diesem Dokument zugrunde gelegten typischen Bauart neuartige Bauelemente oder Schaltungsanordnungen enthalten, oder mit unüblichen, die Verluste beeinflussenden Hilfsschaltungen ausgerüstete Bauarten werden nach ihren eigenen Eigenschaften bewertet.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 60076-1, *Power transformers – Part 1: General*

IEC 60076-6, *Power transformers – Part 6: Reactors*

IEC 60633, *Terminology for high-voltage direct current (HVDC) transmission – Vocabulary*

IEC 60700-1:2015, *Thyristor valves for high voltage direct current (HVDC) power transmission – Part 1: Electrical testing*

IEC 60871-1, *Shunt capacitors for a.c. power systems having a rated voltage above 1 000 V – Part 1: General*

3 Begriffe und Symbole

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60633 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

3.1 Begriffe

3.1.1

Verluste durch Hilfsbetriebe

(en: auxiliary losses)

zur Speisung von Hilfsbetrieben der Stromrichterstation erforderliche elektrische Leistung

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Verluste durch Hilfsbetriebe sind abhängig von der Anzahl verwendeter Stromrichter-einheiten und davon, ob die Station im Leerlauf betrieben oder belastet wird; im Lastfall sind die Verluste durch Hilfsbetriebe von der Höhe der Belastung abhängig.

3.1.2

Geräte-Leerlaufverluste

(en: equipment no-load operation losses)

in einem Gerät verursachte Verluste, wobei die Stromrichterstation bei blockierten Stromrichtern zugeschaltet ist und alle Gebrauchslasten der Station und Hilfsbetriebe für die sofortige Lastaufnahme mit der kleinsten Bemessungslast angeschlossen sind

3.1.3

Betriebspunkt

(en: load level)

legt den Gleichstrom, die Gleichspannung, den Zündwinkel, die Wechselspannung und die Stellung des Stufenschalters des Stromrichtertransformators fest, bei denen die Stromrichterstation betrieben wird

3.1.4

Geräte-Betriebsverluste

(en: equipment operating losses)

von einem Gerät bei einem vorgegebenen Betriebspunkt verursachte Verluste bei eingeschalteter Stromrichterstation und mit Stromrichtern in Betrieb

3.1.5

Bemessungslast

(en: rated load)

auf den Betrieb bei Nennwerten von Gleichstrom, Gleichspannung, Wechselspannung und Zündwinkel des Stromrichters bezogene Last

Anmerkung 1 zum Begriff: Vom Wechselstromnetz muss angenommen werden, dass es die Nennfrequenz aufweist und die Spannungen der drei Phasen den Nennwert besitzen sowie symmetrisch sind. Die Stellung des Stufenschalters des Stromrichtertransformators und die Anzahl der angeschlossenen Wechselstromfilter und Blindleistungskompensationselemente müssen mit dem Betrieb bei Bemessungslast übereinstimmen, welcher Nennbedingungen entspricht.

3.1.6

Gesamt-Leerlaufverluste der Station

(en: total station no-load operation losses)

Summe aller Geräte-Leerlaufverluste (3.1.2) und der entsprechenden Verluste durch Hilfsbetriebe (3.1.1)

3.1.7

Gesamt-Betriebsverluste der Station

(en: total station operating losses)

Summe aller Geräte-Betriebsverluste (3.1.4) und der entsprechenden Verluste durch Hilfsbetriebe (3.1.1) bei einer bestimmten Höhe der Belastung

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Anschauungsbeispiel, welches die Gesamt-Betriebsverluste der Station und die entsprechende Verlustbewertung verwendet, ist in Anhang C, Anwendungsfall D1, angegeben.

3.1.8

Gesamt-Lastverluste der Station

(en: total station load losses)

Differenz zwischen den Geräte-Betriebsverlusten (3.1.7) und den Geräte-Leerlaufverlusten (3.1.6) der Station

Anmerkung 1 zum Begriff: Solche berechneten Gesamt-Lastverluste der Station werden als quantitativ äquivalent zu den Lastverlusten angesehen wie in der Praxis herkömmlicher Wechselstrom-Unterstationen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Es ist bekannt, dass einige Käufer die „Gesamt-Leerlaufverluste der Station“ (3.1.6) und die Gesamt-Lastverluste der Station anstelle der „Gesamt-Betriebsverluste der Station“ (3.1.7) einzeln bewerten.

Anmerkung 3 zum Begriff: Ein erklärendes Beispiel für die Ableitung der „Lastverluste“, der „Ersatz-Lastverluste“ und der entsprechenden „Lastbewertung“ wird in Anhang C, Anwendungsfall D2, gegeben.

3.1.9

Lasten der erforderlichen Stationshilfsbetriebe

(en: station essential auxiliary load)

Lasten, deren Ausfall die Leistungsübertragungsfähigkeit der HGÜ-Umrichterstation beeinflusst (z. B. Ventilkuhlung), sowie die Lasten, die bei einem vollständigen Ausfall der Wechselstromversorgung in Betrieb bleiben müssen (z. B. Batterieladegeräte, Betriebsmechanismen)

3.2 Buchstabensymbole

α (Steuer/Zünd)-Winkel, in rad

μ Überlappungswinkel (Kommutierungswinkel), in rad

f Frequenz des Wechselstromnetzes, in Hz

I_d Gleichstrom, in A

I_n Effektivwert des Oberschwingungsstromes n -ter Ordnung, in A

L_1 auf die Ventilwicklung bezogene Induktivität, in H, zwischen der Kommutierungsspannungsquelle und dem Punkt der gemeinsamen Kopplung zwischen im Stern und Dreieck geschalteten Wicklungen. L_1 muss alle äußeren Induktivitäten zwischen den Netzwicklungsanschlüssen des Transformators und dem Anschlusspunkt des Wechselstromoberschwingungsfilters enthalten.

L_2 auf die Ventilwicklung bezogene Induktivität, in H, zwischen dem Punkt der gemeinsamen Kopplung zwischen im Stern und Dreieck geschalteten Wicklungen und dem Ventil. L_2 muss die gesättigte Induktivität der Ventildrosseln enthalten.

m elektromagnetischer Kommutierungseinbruch-Kopplungsfaktor, $m = L_1 / (L_1 + L_2)$

n Ordnungszahl der Oberschwingung

N_t Anzahl der in Reihe geschalteten Thyristoren je Ventil

P Leistungsverlust eines Betriebsmittels der Einrichtung, in W

Q_n Qualitätsfaktor (Q -Faktor) bei der Oberschwingungszahl n

R Widerstandswert, in Ω

U_d Gleichspannung, in V

U_n Effektivwert der Oberschwingungsspannung n -ter Ordnung, in V

U_{vo} Effektivwert der ventileitigen Leerlaufspannung zwischen den Phasen des Stromrichtertransformators ohne Oberschwingungen, in V

X_n induktiver Blindwiderstand bei der Oberschwingung n -ter Ordnung, in Ω

4 Übersicht

4.1 Allgemeines

Lieferanten müssen im Detail wissen, wie und wo Verluste entstehen, da diese die Bemessungswerte der Bauelemente und Geräte beeinflussen. Käufer sind an einer nachweisbaren Verlustgröße interessiert, die einen unvoreingenommenen Angebotsvergleich zulässt, und an einem Verfahren, mit dem nach der Lieferung die vom Lieferanten garantierten Anforderungen an das Betriebsverhalten objektiv bewertet werden können.

Als allgemeines Prinzip wäre es wünschenswert, den Wirkungsgrad einer HGÜ-Stromrichterstation durch direkte Messung ihrer Leistungsverluste zu bestimmen. Versuche, die Stationsverluste durch Subtraktion der gemessenen Ausgangsleistung von der gemessenen Eingangsleistung zu bestimmen, sollten jedoch

erkennen lassen, dass solche Messungen mit einer systemimmanenten Messunsicherheit behaftet sind, besonders wenn sie bei Hochspannung durchgeführt werden. Die Verluste einer HGÜ-Stromrichterstation sind bei voller Last im Allgemeinen kleiner als 1 % der übertragenen Leistung. Daher ergeben die Verluste, die als kleine Differenz zweier großer Werte gemessen werden, wahrscheinlich keine ausreichend genaue Aussage zu den wirklichen Verlusten.

Es kann unter besonderen Umständen möglich sein, eine zeitweilige Prüfschaltung einzurichten, bei der zwei Stromrichter aus derselben Wechselstromquelle betrieben werden und in der auch ihre Gleichstromanschlüsse miteinander verbunden sind. In dieser Schaltung ist die Leistung, die aus der Wechselspannungsquelle aufgenommen wird, gleich den Verlusten. Die Wechselspannungsquelle muss jedoch auch die Blindleistungsstützung und die Kommutierungsspannung an die beiden Stromrichter liefern. Auch hier gibt es wieder praktische Schwierigkeiten bei der Messung.

Um die vorstehend beschriebenen Probleme zu vermeiden, normt dieses Dokument ein Verfahren zur Berechnung der Verluste der HGÜ-Stromrichterstation durch Summierung der Verluste, die für jedes Gerät berechnet wurden. Das genormte Berechnungsverfahren hilft dem Käufer, die vorliegenden Angebote sinnvoll zu vergleichen. Es lässt außerdem eine einfache Erstellung von Kennlinien des Betriebsverhaltens für den breiten Bereich der Betriebsbedingungen zu, in dem das Betriebsverhalten bekannt sein muss. Da ein kostengünstiges experimentelles Verfahren, das für eine objektive Bewertung der Verluste während der Typprüfungen verwendet werden kann, nicht vorliegt, ist das Berechnungsverfahren die nächstbeste Alternative, da sie, wo immer möglich, experimentelle Werte verwendet, die aus Messungen an einzelnen Einrichtungen oder Bauelementen unter Bedingungen erhalten wurden, die den im tatsächlichen Betrieb auftretenden äquivalent sind.

Die Berechnung von Oberschwingungsströmen und -spannungen in HGÜ-Geräten ist in Anhang A beschrieben.

Es ist wichtig zu beachten, dass die Leistungsverluste jedes Gerätes sowohl von den Umgebungsbedingungen abhängen, unter denen es betrieben wird, als auch von den Betriebsbedingungen oder den Lastspielen, denen es unterworfen ist. Die Umgebungs- und Betriebsbedingungen müssen daher für jedes Gerät auf der Grundlage der Umgebungs- und Betriebsbedingungen der vollständigen HGÜ-Stromrichterstation festgelegt werden.

4.2 Umgebungsbedingungen

4.2.1 Allgemeines

Für die Bestimmung der Leistungsverluste in HGÜ-Stromrichterstationen muss eine Reihe von genormten Referenz-Umgebungsbedingungen verwendet werden.

4.2.2 Referenz-Normalaußentemperatur

Als Referenz-Normaltemperatur für die Bestimmung der Gesamtverluste der Stromrichterstation muss eine Trockenthermometer-Temperatur der äußeren Umgebung von 20 °C verwendet werden. Die entsprechende Temperatur der Ventilhalle darf gegebenenfalls vom Lieferanten festgelegt werden. Die äquivalente Feuchtlufttemperatur muss (soweit erforderlich) vom Käufer festgelegt werden.

Wenn nicht festgelegt, wird eine Feuchtlufttemperatur von 14 °C empfohlen, was näherungsweise einer Trockenlufttemperatur von 20 °C bei 50 % relativer Luftfeuchte entspricht.

4.2.3 Referenz-Normaltemperatur des Kühlmittels

Wo für Geräte Zwangskühlung verwendet wird, können die Durchflussgeschwindigkeit und Temperatur des Kühlmittels die Erwärmung und die damit verbundenen Verluste dieser Geräte beeinflussen. Die vom Käufer und Lieferanten vereinbarten Temperaturen und Durchflussgeschwindigkeiten des Kühlmittels müssen deshalb bei der Bestimmung der Verluste verwendet werden.