

**DIN EN 60779
(VDE 0721-56)****DIN**

Diese Norm ist zugleich eine **VDE-Bestimmung** im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.

VDE

ICS 25.180.10

Einsprüche bis 2018-11-21

Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 60779
(VDE 0721-1032):2006-07

Entwurf

**Elektrowärmeanlagen und Anlagen für elektromagnetische
Bearbeitungsprozesse –
Prüfverfahren für Elektroschlacke-Umschmelzöfen
(IEC 27/1063/CD:2018);
Text Deutsch und Englisch**

Installations for electroheating and electromagnetic processing –
Test methods for electroslag remelting furnaces
(IEC 27/1063/CD:2018);
Text in German and English

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2018-09-21 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 42 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist

Inhalt	Seite
Nationales Vorwort.....	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
3.1 Allgemeines	6
3.2 Energieeffizienz	7
3.3 Betriebszustände und Bestandteile	7
4 Grundlegende Vorkehrungen für Prüfungen und Prüfbedingungen	8
5 Vergleich von Betriebsmitteln oder Anlagen	8
6 Messungen und Chargen	8
6.4.3 Messpositionen.....	8
7 Numerische Modellierung.....	8
8 Technische Prüfungen.....	8
8.100 Messung des wirksamen Hubs der Bewegung des Elektrodenstempels	9
8.101 Messung der Geschwindigkeit der Elektrodenbewegung	9
8.102 Messung des Zeitintervalls für den Austausch von zwei Elektroden	9
8.103 Messung der Sekundär-Leerlaufspannung der Elektrowärmeanlage	9
8.104 Messung der elektrischen Kennwerte des Sekundärkreises der Elektrowärmeanlage	9
8.104.1 Allgemeines	9
8.104.2 Durchführung einer Kurzschlussprüfung	9
8.104.3 Messung der elektrischen Kennwerte des Sekundärkreises unter normalen Betriebsbedingungen	11
8.104.4 Messung der Ströme der Koaxial-Rückleiter.....	12
8.105 Messung von Wirkleistung, Blindleistung und Leistungsfaktor der Elektrowärmeanlage	12
8.106 Messung der Abschmelzrate von Abschmelzelektroden	12
8.107 Messung der Vakuumparameter bei einem Vakuum-Elektroschlacke-Umschmelzofen	12
8.107.1 Messung des Vakuum-Grenzdrucks	12
8.107.2 Messung der Abpumpzeit.....	13
8.107.3 Messung der Druckanstiegsrate.....	13
8.107.4 Messung des Arbeitsdrucks in der Vakuumkammer eines Ofens	13
8.108 Messung des Drucks in der Kammer eines unter Druck stehenden Elektroschlacke-Umschmelzofens	13
8.109 Messung der Gaszusammensetzung bei einem Elektroschlacke-Umschmelzofen, der mit einer Inertgasatmosphäre arbeitet	13
9 Wirkungsgrad der Anlage	13
Anhang A (informativ) Bewertung der Energieeffizienz.....	14

Anhang B (informativ) Visuelle Darstellung von Informationen mit Bezug auf Energieeffizienz.....	15
Anhang C (informativ) Abschätzung der Energienutzung	16
Anhang D (informativ) Rückgewinnbarkeit von Energie.....	17
Anhang AA (normativ) Erläuternde Darstellungen für Symbole und Definitionen für den Starkstromkreis von Elektroschlacke-Umschmelzeinrichtungen	18
AA.1 Starkstromkreis von Elektroschlacke-Umschmelzeinrichtungen (siehe Bilder AA.1.1 bis AA.1.3)	18
Literaturhinweise	21
Bilder	
Bild AA.1.1 – Beispiel für die Schaltung eines Einphasen-Elektroschlacke-Umschmelzofens.....	18
Bild AA.1.2 – Beispiel für die Schaltung eines Dreiphasen-Elektroschlacke-Umschmelzofens	19
Bild AA.1.3 – Beispiel für eine konzentrische Elektroschlacke-Umschmelzanlage	20

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 27/1063/CD:2018 „Installations for electroheating and electromagnetic processing – Test methods for electrosag remelting furnaces“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 27 „Industrial electroheating and electromagnetic processing“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf FprEN nur 6 Wochen beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 362 „Industrielle Elektrowärme“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

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.

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

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

Änderungen

Gegenüber **DIN EN 60779 (VDE 0721-1032):2006-07** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Gliederung wurde an **IEC 60398:2015** angepasst;
- b) die Begriffe, normativen Verweisungen und Literaturhinweise wurden aktualisiert und ergänzt;
- c) die Prüfverfahren, die auch in **IEC 60398:2015** beschrieben sind, wurden aus **IEC 60779** gestrichen, um Dopplungen und Inkonsistenzen zu vermeiden;
- d) die verbleibenden Anforderungen wurden aktualisiert;
- e) Angaben bezüglich Energieeffizienz wurden aufgenommen.

Elektrowärmeanlagen und Anlagen für elektromagnetische Bearbeitungsprozesse – Prüfverfahren für Elektroschlacke-Umschmelzöfen

1 Anwendungsbereich

Dieser Abschnitt von IEC 60398:2015 wird durch das Folgende ersetzt.

Ersatz:

Diese Internationale Norm legt die Prüfabläufe, -bedingungen und -verfahren für die Bestimmung der wichtigsten Betriebskenngrößen und Betriebsmerkmale von Elektroschlacke-Umschmelzöfen fest.

Messungen und Prüfungen, die ausschließlich für die Verifizierung der Sicherheitsanforderungen der Anlagen verwendet werden, liegen außerhalb des Anwendungsbereichs dieser Norm und werden durch IEC 60519-1 und IEC 60519-8 abgedeckt.

Diese Internationale Norm gilt für industrielle Elektroschlacke-Umschmelzöfen mit einem Bemessungs-Fassungsvermögen gleich oder größer als 50 kg.

Diese Norm gilt auch für Öfen mit einer oder mehreren Elektrode(n) und verschiedenen Schmelzstromversorgungen mit Wechselstrom, Gleichstrom oder niederfrequentem Strom.

Diese Norm schließt das bezüglich Energieeffizienz angegebene Konzept und Material ein, das sowohl die elektrischen und prozessrelevanten Teile der Anlagen behandelt, als auch die generelle Leistungsfähigkeit.

2 Normative Verweisungen

Es gilt dieser Abschnitt der IEC 60398:2015 mit folgender Ausnahme.

Ersatz:

Die folgenden Normen werden im Text auf eine Weise referenziert, dass ein Teil oder der gesamte Inhalt Anforderungen dieser Norm 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).

Änderung:

Streiche die Fußnoten.

Ergänzung:

IEC 60398:2015, *Installations for electroheating and electromagnetic processing – General performance test methods*

IEC 60519-8:2005, *Safety in installations for electroheating and electromagnetic processing – Part 8: Besondere Anforderungen für Elektroschlacke-Umschmelzöfen (in Überarbeitung)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60398:2015 ED.3 und die weiteren normativen Verweisungen, außer wie folgt.

3.1 Allgemeines

Ergänzung:

3.1.101

Elektrowärmeanlage mit Elektroschlacke-Umschmelzofen

vollständige Einrichtung einer Elektrowärmeeinrichtung mit den notwendigen elektrischen und mechanischen Ausrüstungen zum Betrieb und zur Nutzung eines Elektroschlacke-Umschmelzofens

3.1.102

Leistung einer Elektrowärmeanlage

Scheinleistung S (in kVA) oder Wirkleistung P (in kW), gemessen an der Einspeisung der Versorgungsleitung

3.1.103

Leistungsfaktor einer Elektrowärmeanlage ($\cos \varphi$)

Verhältnis von Wirkleistung zu Scheinleistung, gemessen an der Einspeisung der Versorgungsleitung

3.1.104

Lastspannung eines Elektroschlacke-Umschmelzofens

gemessene Spannung zwischen zwei Punkten, die je nach Typ des Ofens entweder die Bodenplatte oder die Elektrodeneinspannung(en), welche den Schmelzstrom auf die Abschmelzelektrode(n) oder den/die Elektrodenkopf (-köpfe) führen, oder der gemeinsame Anschlusspunkt der Mehrfachrückleiter sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei einem Ofen ohne zwei Elektroden, die einer einphasigen Wechselstromversorgung entsprechen, wird die Spannung zwischen der Bodenplatte und der (den) Elektrodeneinspannung(en) gemessen, siehe U_F in Bild AA.1.1 und Bild AA.1.2.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bei einem Ofen mit zwei Elektroden, die einer einphasigen Wechselstromversorgung entsprechen, wird die Spannung zwischen den beiden Elektrodeneinspannungen gemessen.

Anmerkung 3 zum Begriff: Bei einem Ofen mit konzentrischem Aufbau für eine Einphasen-Wechselstromversorgung wird die Spannung zwischen der Elektrodeneinspannung und dem gemeinsamen Anschlusspunkt der Mehrfachrückleiter gemessen, siehe U_F in Bild AA.1.3.

3.1.105

Bemessungsfrequenz des Ofens f_n

Wert der Frequenz des Bemessungsstroms des Ofens, wenn der Umschmelzofen für einen Frequenzbereich gebaut ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Bemessungsfrequenz des Ofens wird in Hz angegeben.

3.1.106

Bemessungsstrom des Ofens I_n bei Nennfrequenz f_n

maximaler Dauerstrom, für den der Ofen ausgelegt ist

3.1.107

Bemessungswerte eines Elektroschlacke-Umschmelzofens

Bemessungswerte, einschließlich des Bemessungsstroms des Ofens I_n , der Bemessungsleistung des Ofens P_n und der Bemessungsfrequenz des Ofens f_n , für die der Ofen ausgelegt ist

3.2.108

Schmelzgeschwindigkeit der Abschmelzelektrode V_m

Menge der aufgeschmolzenen Abschmelzelektrode(n), gemessen in Kilogramm je Zeiteinheit

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Schmelzgeschwindigkeit der Abschmelzelektrode wird in kg/min angegeben.

3.2 Energieeffizienz

Ergänzung:

3.2.101

spezifische Energieaufnahme e

Verhältnis der gesamten elektrischen Energie, gemessen an der Einspeisung der Versorgungsleitung, die von der Elektrowärmanlage zum Schmelzen einer Charge unter normalen Betriebsbedingungen – entsprechend den Vereinbarungen zwischen Hersteller und Anwender – aufgenommen worden ist, zum Gewicht des hergestellten Blocks

Anmerkung 1 zum Begriff: Die spezifische Energieaufnahme wird in kWh/kg angegeben.

3.3 Betriebszustände und Bestandteile

Ergänzung:

3.3.101

Dauerbetrieb eines Umschmelzofens

Betrieb, bei dem der massive Block hergestellt und verflüssigt wird und die Abschmelzelektrode während des gesamten Prozesses stetig zugeführt wird

3.3.102

stabiler Betriebszustand eines Elektroschlacke-Umschmelzofens

Zustand eines Umschmelzofens, in dem die elektrischen und thermischen Kennwerte bei Dauerbetrieb weitgehend konstante Werte erreicht haben

3.3.103

Kokille eines Elektroschlacke-Umschmelzofens

Schmelztiegel eines Elektroschlacke-Umschmelzofens

wassergekühlter wiederverwendbarer Behälter zur Formgebung des Blocks (Ingots), der nach dem Elektroschlacke-Umschmelzverfahren hergestellt wird und der geschmolzene Schlacke enthält

3.3.104

Abschmelzelektrode

massive(s) Teil(e), das/die in die aufgeschmolzene Schlacke eingetaucht wird, den Strom führt, der für den Umschmelzvorgang benötigt wird, und das notwendige Material für die Herstellung des Blocks darstellt

3.3.105

wassergekühlte Bodenplatte eines Elektroschlacke-Umschmelzofens

wassergekühlte Platte, die am Boden der Kokille eingebaut ist, um das flüssige Metall und die Schlacke zu Schmelzbeginn aufzunehmen, und die an die Kabel oder Sammelschiene(n) angeschlossen ist, um den Stromfluss durch den Sekundärkreis bei einem Ofenbetrieb mit einer Abschmelzelektrode sicherzustellen

3.3.106

Hochspannungsschalter des Umschmelzofens

Hochspannungsschalter zum Ein- und Ausschalten des Ofentransformators unter Last entsprechend den Betriebsanforderungen

3.3.107

Transformator des Elektroschlacke-Umschmelzofens

Transformator, der einen Elektroschlacke-Umschmelzofen speist

3.3.108

Sekundärkreis eines Elektroschlacke-Umschmelzofens

Stromkreis, der durch die Schmelzstromversorgung geschlossen wird und enthalten kann:

- a) Ausgangsklemmen der Schmelzstromversorgung;
- b) Hochstromleitungen (Sammelschienen und/oder Kabel);

- c) Hochstromtrenner, falls erforderlich;
- d) Elektrodeneinspannung;
- e) Elektrodenkopf (en: electrode stub);
- f) Abschmelzelektrode oder Elektroden (abhängig vom Verbindungssystem);
- g) leitfähige, flüssige Schlacke (nicht vorhanden bei der Kurzschlussprüfung);
- h) umgeschmolzener Block (nicht vorhanden bei einem Ofen mit mehr als zwei Elektroden);
- i) Bodenplatte (abhängig vom Verbindungssystem).

3.3.109

Elektrodeneinspannung

mechanische, wassergekühlte Vorrichtung zum Halten einer Elektrode und zur Versorgung der Elektrode mit Strom

3.3.110

konzentrische Anordnung eines Elektroschlacke-Umschmelzofens

Anordnung mit mehr als zwei rotationssymmetrisch um den Tiegel angeordneten Rückleitern

4 Grundlegende Vorkehrungen für Prüfungen und Prüfbedingungen

Dieser Abschnitt von IEC 60398:2015 gilt.

5 Vergleich von Betriebsmitteln oder Anlagen

Dieser Abschnitt von IEC 60398:2015 gilt.

6 Messungen und Chargen

Dieser Abschnitt von IEC 60398:2015 gilt mit folgender Ausnahme.

6.4.3 Messpositionen

Ergänzung:

Hinsichtlich der Messpositionen aller elektrischen Kennwerte des Leistungskreises eines Betriebsmittels für das Elektroschlacke-Umschmelzen siehe Bilder AA.1.1 bis AA.1.3, die sich an den Ausgangsanschlüssen des Einspeisungs-Trennschalters für die Messung der Stromaufnahme des Leistungskreises und an den Ausgangsanschlüssen des Energieverteilerschrankes in der Werkstatt für weiteres elektrisches und mechanisches Zubehör befinden (siehe IEC 60398:2015, 4.3).

7 Numerische Modellierung

Dieser Abschnitt von IEC 60398:2015 gilt.

8 Technische Prüfungen

Dieser Abschnitt von IEC 60398:2015 gilt mit folgender Ausnahme.

Ergänzung:

8.100 Messung des wirksamen Hubs der Bewegung des Elektrodenstempels

Der wirksame Hub der Bewegung des Elektrodenstempels ist der Abstand zwischen der oberen Grenzlage und der unteren Grenzlage des Elektrodenstempels, an denen die Bewegung endet.

Die Messung muss mit einem Lineal durchgeführt werden, wobei der Hauptstrom des Umschmelzofens ausgeschaltet ist.

8.101 Messung der Geschwindigkeit der Elektrodenbewegung

Diese Messung muss bei Handsteuerung des Antriebssystems der Elektroden in zwei Richtungen durchgeführt werden, wobei der Ofen mit der (den) Elektrode(n) mit dem größten Gewicht und der größten Länge ausgerüstet wird, die konstruktiv zulässig ist (sind).

ANMERKUNG Diese Messung darf nach einem anderen Verfahren, z. B. mit elektrischer Signalsteuerung, durchgeführt werden.

Die Messung der Bewegungsgeschwindigkeit muss mit einer Stoppuhr (oder einer Einrichtung mit elektronischer Zeitbasis) durchgeführt werden, wobei die vom Elektrodenarm gegenüber seiner festen Auflagerung zurückgelegte Entfernung aufzuzeichnen ist.

8.102 Messung des Zeitintervalls für den Austausch von zwei Elektroden

Mit dieser Prüfung wird der Nachweis erbracht, ob das Zeitintervall für den Elektrodenaustausch den Anforderungen entspricht, die zwischen Hersteller und Anwender vereinbart worden sind, wenn der Ofen mit zwei Gruppen von Elektrodenantriebssystemen ausgerüstet ist.

Mit einer Stoppuhr wird das Zeitintervall von dem Zeitpunkt gemessen, an dem der Sekundärstrom null wird, nachdem die erste Elektrode aus der geschmolzenen Schlacke gezogen wird, bis zu dem Zeitpunkt, an dem die zweite Elektrode in die Schlacke eintaucht und der Sekundärstrom wieder fließt.

8.103 Messung der Sekundär-Leerlaufspannung der Elektrowärmeanlage

Diese Prüfung muss an den Anschlussklemmen der Schmelzstromversorgung durchgeführt werden (Punkt 6 in [Bild AA.1.1](#)).

Wenn die Anlage mit einem Regelsystem ausgestattet ist, müssen die niedrigste und die höchste Sekundär-Leerlaufspannung gemessen werden.

8.104 Messung der elektrischen Kennwerte des Sekundärkreises der Elektrowärmeanlage

8.104.1 Allgemeines

Zweck dieser Prüfung ist der Nachweis, ob die Kennwerte des Sekundärkreises des Ofens den Anforderungen entsprechen, die zwischen Hersteller und Anwender vereinbart worden sind.

8.104.2 Durchführung einer Kurzschlussprüfung

Diese Prüfung, die für Elektroschlacke-Umschmelzöfen für den Gleichstrombetrieb nicht anwendbar ist, muss unter den folgenden Bedingungen durchgeführt werden. Der Ofen wird mit der (den) Elektrode(n) mit dem höchsten Gewicht und der größten Länge ausgerüstet, die konstruktiv zulässig ist (sind). Vorher müssen die elektrischen und magnetischen Eigenschaften des Elektrodenwerkstoffs bestimmt werden. Die Elektrode(n) ist (sind) in Kontakt mit der Bodenplatte zu bringen. [Bild AA.1.1](#) zeigt einen möglichen Prüfaufbau. Eine geeignete Alternative darf zwischen Hersteller und Anwender vereinbart werden.

Die Stromversorgung muss auf die kleinste Spannung eingestellt werden.

Die Spannung ist stetig zu erhöhen, bis der konstruktiv zulässige Maximalstrom erreicht ist.

Die Prüfungen werden mindestens zweimal durchgeführt. Bei jeder Prüfung müssen die folgenden elektrischen Kennwerte gemessen oder errechnet werden.

j) Wirkleistung P_2 im Sekundärkreis des Ofentransformators gemessen mit einem Leistungsmessgerät.

Falls in einigen Fällen P_2 schwerer zu messen ist, muss die Wirkleistung P_1 auf der Primärseite des Ofentransformators mit einem Leistungsmessgerät gemessen und dann P_2 berechnet werden mit:

$$P_2 = P_1 - P_{\text{CuT}} \quad (1)$$

k) Messung von I_2 , U_2 an der Sekundärseite des Ofentransformators mit Strom- bzw. Spannungsmessgeräten.

l) Berechnung der Sekundärwerte:

$$S_2 = I_2 U_2 \quad (2)$$

$$R_2 = \frac{P_2}{I_2^2} \quad (3)$$

$$Z_2 = \frac{U_2}{I_2} \quad (4)$$

$$X_2 = \sqrt{Z_2^2 - R_2^2} \quad (5)$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2}{S_2} \quad (6)$$

Dabei ist

- P_1 die Wirkleistung, gemessen während der Prüfung mit einem Leistungsmessgerät an der Primärseite;
- P_2 die Wirkleistung, gemessen während der Prüfung mit einem Leistungsmessgerät an der Sekundärseite oder berechnet;
- P_{CuT} der Lastverlust des Transformators an der Anzapfung, an der die Prüfung durchgeführt wurde (dieser Wert ist der Spezifikation des Herstellers zu entnehmen);
- S_2 die Scheinleistung, gemessen an der Sekundärseite des Transformators während der Prüfung;
- I_2 der Bemessungs-Sekundärstrom des Transformators, mit dem die Prüfung durchgeführt worden ist;
- U_2 die Sekundärspannung des Transformators, wenn der Bemessungs-Sekundärstrom des Transformators erreicht ist;
- R_2 der Wirkwiderstand der Sekundärkreises;
- X_2 der Blindwiderstand des Sekundärkreises;
- Z_2 die Impedanz des Sekundärkreises;
- $\cos \varphi_2$ der Leistungsfaktor des Sekundärkreises.

Bei einem Ofen mit dreiphasiger Wechselstromversorgung mit entsprechend drei Abschmelzelektroden sollte sich das Prüfverfahren auf [IEC 60676:2011, 6.4](#) beziehen. Die Prüfbedingungen sind die gleichen wie in [IEC 60676:2011, 6.4](#) angegeben.

8.104.3 Messung der elektrischen Kennwerte des Sekundärkreises unter normalen Betriebsbedingungen

Wenn die Kurzschlussprüfung zu Schwierigkeiten führen und Schäden an der Bodenplatte verursachen könnte, darf sie nach Vereinbarung zwischen Hersteller und Anwender durch Prüfungen ersetzt werden, mit denen bestätigt wird, dass die elektrischen Kennwerte des Sekundärkreises unter normalen Betriebsbedingungen des Ofens in dem vom Hersteller angegebenen Bereich bleiben.

Die Messung muss bei Dauerbetrieb des Ofens nach Erreichen des stabilen Betriebszustands durchgeführt werden, wenn der Ofen mit seinem Bemessungsstrom (I_n) arbeitet.

1) Bei einem Ofen mit einphasiger Wechselstromversorgung:

Die Prüfungen werden mindestens zweimal durchgeführt. Bei jeder Prüfung müssen die folgenden elektrischen Parameter gemessen oder errechnet werden.

- a) Wirkleistung P_2 im Sekundärkreis des Ofentransformators, gemessen mit einem Leistungsmessgerät.

Falls in einigen Fällen P_2 schwer zu messen ist, muss die Wirkleistung P_1 auf der Primärseite des Ofentransformators mit einem Leistungsmessgerät gemessen und dann umgerechnet werden mit:

$$P_2 = P_1 - P_{CuT} \quad (7)$$

- b) Messung des Stroms I_2 an der Sekundärseite des Ofentransformators mit Strommessgeräten sowie der Spannungen U_2 und U_F mit Spannungsmessgeräten.

- c) Berechnung der folgenden Sekundärwerte:

$$S_2 = I_2 U_2 \quad (8)$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2}{S_2} \quad (9)$$

Dabei ist

U_F die Lastspannung eines Elektroschlacke-Umschmelzofens.

2) Bei einem Ofen mit dreiphasiger Wechselstromversorgung:

Bild AA.1.2 zeigt einen möglichen Prüfaufbau. Die Prüfungen werden mindestens zweimal durchgeführt. Bei jeder Prüfung müssen die folgenden elektrischen Parameter gemessen oder errechnet werden.

- a) Wirkleistungen P_{2A} , P_{2B} , P_{2C} der Sekundärseite des Ofentransformators – gemessen mit Leistungsmessgeräten.

Falls in einigen Fällen P_{2A} , P_{2B} , P_{2C} schwer zu messen ist, muss die Wirkleistung P_{1A} , P_{1B} , P_{1C} auf der Primärseite des Ofentransformators mit Leistungsmessgeräten gemessen werden und daraus P_{2A} , P_{2B} , P_{2C} errechnet werden:

$$P_{2A} = P_{1A} - 1/3 P_{CuT} \quad P_{2B} = P_{1B} - 1/3 P_{CuT} \quad P_{2C} = P_{1C} - 1/3 P_{CuT} \quad (10)$$

- b) Messung der Ströme I_{2A} , I_{2B} , I_{2C} an der Sekundärseite des Ofentransformators mit Strommessgeräten und der Spannungen U_{2A} , U_{2B} , U_{2C} und U_{FA} , U_{FB} , U_{FC} mit Spannungsmessgeräten;

- c) Berechnung der folgenden Sekundärwerte:

$$S_2 = I_{2A} U_{2A} + I_{2B} U_{2B} + I_{2C} U_{2C} \quad (11)$$

$$P_2 = P_{2A} + P_{2B} + P_{2C} \quad (12)$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2}{S_2} \quad (13)$$

Dabei sind

- P_{1A}, P_{1B}, P_{1C} die Leistungen je Phase, gemessen mit Leistungsmessgeräten an der Primärseite;
- P_{2A}, P_{2B}, P_{2C} die Leistungen je Phase, gemessen mit Leistungsmessgeräten an der Sekundärseite oder errechnet;
- P_{CuT} der Lastverlust des Drehstrom-Transformators an der Anzapfung, an der die Prüfung durchgeführt wurde (dieser Wert ist der Spezifikation des Herstellers zu entnehmen);
- I_{2A}, I_{2B}, I_{2C} die Bemessungsströme, gemessen mit Strommessgeräten an der Sekundärseite;
- U_{2A}, U_{2B}, U_{2C} die Spannungen je Phase, gemessen mit Spannungsmessgeräten an der Sekundärseite;
- U_{FA}, U_{FB}, U_{FC} die Lastspannungen je Phase eines Elektroschlacke-Umschmelzofens.

8.104.4 Messung der Ströme der Koaxial-Rückleiter

Im Falle eines Elektroschlacke-Umschmelzofens in konzentrischer Bauweise für Einphasen-Wechselspannung muss der Sekundärstrom durch separates Messen des Stromes jedes Rückleiters und Addition der Ströme gemessen werden, um den Gesamtstrom und die Stromdifferenz zu erhalten, wie in [Bild AA.1.3](#) dargestellt.

8.105 Messung von Wirkleistung, Blindleistung und Leistungsfaktor der Elektrowärmeanlage

Diese Prüfung umfasst die Messung am Wechselspannungsanschluss (siehe Punkt 4 in [Bild AA.1.1](#)), der Leistung der Elektroschlackeanlage (siehe 3.1.102) und des Leistungsfaktors der Elektrowärmeanlage (siehe 3.1.103).

Die Messung der Wirkleistung wird mit einem Leistungsmessgerät (mindestens Klasse 1,5) durchgeführt. Die Messung der Blindleistung wird mit einem Blindleistungsmessgerät durchgeführt (mindestens Klasse 1,5).

ANMERKUNG 1 Steht kein geeignetes Blindleistungsmessgerät zur Verfügung, darf die Blindleistung aus den Messwerten von Strom und Spannung berechnet werden.

Die Messung muss bei Dauerbetrieb des Ofens und nach Erreichen des stabilen Betriebszustandes durchgeführt werden.

Der Leistungsfaktor ist aus den gemessenen Wirk- und Blindleistungen zu berechnen, oder, sofern die Messung der Blindleistung nicht durchgeführt worden ist, aus dem Wert der Wirkleistung und dem Wert der Scheinleistung, die aus den Messwerten von Strom und Spannung berechnet wird.

ANMERKUNG 2 Es ist zu beachten, dass Oberschwingungen die Messergebnisse beeinflussen können.

8.106 Messung der Abschmelzrate von Abschmelzelektroden

Wenn der Ofen mit einem Kraftmessdosensystem ausgerüstet ist, muss die Messung mit den Kraftmessdosen während des Dauerbetriebs des Ofens durchgeführt werden. Prüfbedingungen und das Prüfverfahren müssen zwischen Hersteller und Anwender vereinbart werden.

Bei einem Ofen ohne Kraftmessdosensystem darf die Prüfung durch den Nachweis ersetzt werden, dass die Abschmelzrate der Abschmelzelektroden unter normalen Betriebsbedingungen in dem vom Hersteller angegebenen Bereich bleibt.

8.107 Messung der Vakuumparameter bei einem Vakuum-Elektroschlacke-Umschmelzofen

8.107.1 Messung des Vakuum-Grenzdrucks

Diese Prüfung wird mit Vakuummessgeräten durchgeführt, die im kalten Zustand an das Vakuumsystem eines Ofens angeschlossen wurden. Die Vakuumpumpen werden eingeschaltet und so lange betrieben, bis

der Druck im Ofen einen Mindestdruck erreicht. Der Vakuumdruck sollte in dem vom Hersteller angegebenen Bereich bleiben.

8.107.2 Messung der Abpumpzeit

Die Abpumpzeit ist die Zeitspanne, in der der Vakuumdruck nach dem Einschalten der Pumpen in der vorigen Prüfung vom Luftdruck bis auf einen Grenzwert verringert worden ist.

8.107.3 Messung der Druckanstiegsrate

Diese Prüfung ist durchzuführen nachdem alle Vakuumventile in der Kammer geschlossen sind und die Pumpen nach Abschluss der vorigen Prüfung ausgeschaltet wurden. Die Druckanstiegsrate kann mit der folgenden Gleichung berechnet werden:

$$\Delta p = \frac{p_2 - p_1}{\Delta t} \quad (14)$$

Dabei ist

Δp die Druckanstiegsrate (Pa/h);

p_1 der zuerst aufgezeichnete Druck in der Vakuumkammer (Pa);

p_2 der nachfolgend aufgezeichnete Druck in der Vakuumkammer (Pa);

Δt die Zeitspanne zwischen den Zeitpunkten der beiden Aufzeichnungen (h).

8.107.4 Messung des Arbeitsdrucks in der Vakuumkammer eines Ofens

Diese Prüfung muss durchgeführt werden, wenn sich der Ofen im heißen Zustand während der Fertigungsphase befindet. Der umgeschmolzene Stoff und der Schmelzvorgang müssen zwischen Hersteller und Anwender vereinbart werden.

Diese Prüfung wird mit Vakuummessgeräten durchgeführt, die an das Vakuumsystem des Ofens angeschlossen sind.

8.108 Messung des Drucks in der Kammer eines unter Druck stehenden Elektroschlacke-Umschmelzofens

Die Messung muss bei Dauerbetrieb des Ofens und nach Erreichen des stabilen Betriebszustands durchgeführt werden.

Die Prüfung wird mit einem Druckmessgerät (mindestens Klasse 1,5) durchgeführt, das an das Drucksystem des Ofens angeschlossen ist.

8.109 Messung der Gaszusammensetzung bei einem Elektroschlacke-Umschmelzofen, der mit einer Inertgasatmosphäre arbeitet

Die Messung muss bei Dauerbetrieb des Ofens und nach Erreichen des stabilen Betriebszustands durchgeführt werden.

Die Gasprobe wird am Auslass der Schutzgaskammer entnommen und mit einem Massenspektrometer oder nach einem anderen Verfahren analysiert, das zwischen Hersteller und Anwender vereinbart worden ist.

9 Wirkungsgrad der Anlage

Dieser Abschnitt von IEC 60398:2015 gilt.