NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60683

Première édition
First edition
1980-01

Méthodes d'essai des fours à arc submergé

Test methods for submerged-arc furnaces

IEC

Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60683: 1980

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- **«Site web» de la CEI***
- **Catalogue des publications de la CEI**
  Publié annuellement et mis à jour régulièrement
  (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
  Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique,* la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles,* et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas.*

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
  Published yearly with regular updates

  (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
  Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams.*

* See web site address on title page.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60683

Première édition
First edition
1980-01

Méthodes d'essai des fours à arc submergé

Test methods for submerged-arc furnaces

© IEC 1980 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission 3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
Telefax: +41 22 919 0300 e-mail: inmail@iec.ch IEC web site http: //www.iec.ch

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE L

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale

SOMMAIRE

Pages

PRÉAMBULE 4

PRÉFACE 4

Articles

1. Domaine d'application 6
2. Objet 6
3. Définitions 6
4. Type des essais et conditions générales de leur exécution 12
5. Recommandations principales concernant les essais techniques 14

FIGURES 22

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

CONTENTS

Page

FOREWORD 5

PREFACE 5

Clause

1. Scope 7

2. Object 7

3. Definitions 7

4. Type of tests and general conditions of their performance 13

5. Principal recommendations on technical tests 15

FIGURES 22

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODES D'ESSAI DES FOURS À ARC SUBMERGÉ

PRÉAMBULE

1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes N° 27 de la CEI: Chauffage électrique industriel.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Ankara en 1975. A la suite de cette réunion, un projet, document 27(Bureau Central)36, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en octobre 1976. Des modifications, document 27(Bureau Central)49, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux selon la Procédure des Deux Mois en janvier 1979.

Les Comités nationaux des pays ci-après se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République d')	Japon
Allemagne	Norvège
Autriche	Pays-Bas
Canada	Pologne
Danemark	Roumanie
Egypte	Royaume-Uni
Espagne	Turquie
France	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Hongrie	Yougoslavie
Italie	

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:

Publications n°s 50(841): Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), chapitre 841: Electrothermie industrielle *(en préparation)*.
398: Conditions générales d'essai des installations électrothermiques industrielles.
676: Méthodes d'essai des fours à arc direct.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

TEST METHODS FOR SUBMERGED-ARC FURNACES

FOREWORD

1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 27: Industrial Electroheating Equipment.

A first draft was discussed at the meeting held in Ankara in 1975. As a result of this meeting, a draft, Document 27(Central Office)36, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in October 1976. Amendments, Document 27(Central Office)49, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in January 1979.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Austria
Canada
Denmark
Egypt
France
Germany
Hungary
Italy
Japan
Netherlands
Norway
Poland
Romania
South Africa (Republic of)
Spain
Turkey
Union of Soviet Socialist Republics
United Kingdom
Yugoslavia

Other IEC publications quoted in this standard:

Publications Nos. 50(841): International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), Chapter 841: Industrial Electroheating *(being prepared)*.
398: General Test Conditions for Industrial Electroheating Equipment.
676: Test Methods for Direct Arc Furnaces.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

MÉTHODES D'ESSAI DES FOURS À ARC SUBMERGÉ

1. Domaine d'application

La présente norme s'applique aux fours à arc submergé triphasés industriels (par exemple pour la production de ferrosilicium) avec des puissances nominales supérieures ou égales à 1 000 kVA.

Cette norme est également applicable aux fours à arc submergé, à une ou plusieurs électrodes, autres que triphasés, dans la mesure où elle s'applique.

Note. — Dans tout ce qui se rapporte aux essais électriques, on ne tient pas compte de l'influence de l'équipement nécessaire pour la compensation de la puissance réactive et/ou pour la stabilisation de la tension. S'il n'est pas possible de débrancher un tel appareillage pendant l'essai, les spécifications de la présente norme sont applicables pour le circuit électrique principal (voir paragraphe 3.10) en mentionnant expressément l'existence et le fonctionnement de cet appareillage pendant l'essai. Les résultats tenant compte de l'influence d'un tel appareillage et valables pour le réseau d'alimentation peuvent être, dans ces conditions, utilisés en plus.

2. Objet

L'objet de cette norme est de normaliser les conditions d'essai des fours à arc submergé et les méthodes pour déterminer les principaux paramètres et les caractéristiques de fonctionnement.

Ne sont pas comprises dans cette norme toutes les méthodes possibles d'essai qui peuvent être utilisées pour l'estimation technique et économique des fours à arc submergé.

3. Définitions

Pour les définitions des termes fondamentaux et généraux du domaine de l'électrothermie, le lecteur est invité à se reporter à la Publication 50(841) de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), chapitre 841: Electrothermie industrielle (en préparation).

Les définitions suivantes se rapportent à la présente norme.

3.1 *Four à arc submergé* (appelé aussi four à arc-résistance ou à arc-réduction)

Four à arc direct dans lequel les électrodes sont noyées dans la charge, l'énergie électrique étant dissipée partiellement dans l'arc et partiellement par effet Joule à travers la charge conductrice (V.E.I. 841-04-31).

3.2 *Installation du four*

Ensemble du four avec son équipement électrique complet, y compris le poste d'alimentation du four comprenant le matériel à haute tension, les transformateurs du four, le système de jeux de barres basse tension, les équipements pour la compensation de la puissance réactive et/ou pour la stabilisation de tension (s'ils existent), le système de régulation automatique de la puissance, ainsi que les panneaux et pupitres avec dispositifs de protection, de commande, de mesure et de signalisation.

3.3 *Cuve du four*

Enceinte en acier dont le fond et les parois latérales sont garnis de réfractaire, et destinée à recevoir la charge (V.E.I. 841-04-43).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

TEST METHODS FOR SUBMERGED-ARC FURNACES

1. Scope

This standard applies to industrial three-phase submerged-arc furnaces (e.g. for the production of ferrosilicon) with rated power levels of 1 000 kVA or more.

This standard is also applicable to furnaces having one or more electrodes, other than three-phase furnaces, in so far as it applies.

Note. — All the electrical tests exclude the influence of equipment for reactive power compensation and/or voltage stabilization. Should it not be feasible to switch off such apparatus during testing, the requirements stated in this standard are applicable in respect of the main electrical circuit (see Sub-clause 3.10) with express mention of simultaneous operation of the apparatus. Test value figures resulting from the influence of such apparatus and valid for the supply network may be additionally used under these circumstances.

2. Object

The object of this standard is the standardization of submerged-arc furnace test conditions and of methods to determine their main parameters and technical characteristics.

This standard does not cover all the possible test methods which may be carried out for the technical and economic assessment of a submerged-arc furnace.

3. Definitions

For definitions of fundamental and general terms in the electroheating field, the reader should refer to IEC Publication 50(841): International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), Chapter 841: Industrial Electroheating (being prepared).

The following definitions apply for the purpose of this standard.

3.1 *Submerged-arc furnace* (also called arc-resistance or arc-reduction furnace)

A direct arc furnace in which the electrode or electrodes are in the charge, the electric energy being dissipated in the arc and partly through the conducting charge by Joule effect (I.E.V. 841-04-31).

3.2 *Furnace installation*

Furnace assembly with complete set of electrical equipment including high-voltage equipment, furnace transformer(s), secondary voltage busbar system, equipment for reactive power compensation and/or voltage stabilization (if supplied), automatic power regulation system and also boards, panels and desks with protection, control, measuring and signalling devices.

3.3 *Furnace body*

A steel constructed vessel with refractory lined bottom and side walls into which the charge is placed (I.E.V. 841-04-43).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

3.4 *Disjoncteur haute tension du four*

Disjoncteur haute tension qui sert également à mettre en ou hors service le ou les transformateurs du four en service, conformément aux exigences d'exploitation.

3.5 *Transformateur(s) du four*

Le ou les transformateurs alimentant un four à arc dont le circuit primaire est raccordé au réseau haute tension et qui fournit au secondaire une plage de tensions appropriée à l'exploitation du four (V.E.I. 841-04-34).

3.6 *Puissance nominale du ou des transformateurs du four*

Puissance maximale admissible en régime continu du ou des transformateurs du four à arc (V.E.I. 841-04-12).

3.7 *Electrode du four à arc submergé*

Electrode continue pour four à arc constituée principalement d'une enveloppe généralement métallique remplie d'un composé plastique de carbone qui cuit par le courant de l'électrode et la chaleur du four (exemple: électrode Söderberg).

3.8 *Pince d'électrode*

Pièce métallique servant à supporter l'électrode et à assurer le contact électrique. Elle est refroidie par eau en partie ou dans son ensemble (V.E.I. 841-04-58).

3.9 *Ligne à haute intensité (tension secondaire)*

Ensemble d'éléments du circuit secondaire montés en série comprenant: les électrodes et le système de jeux de barres basse tension (pinces d'électrode, système de jeux de barres des tubes d'électrode, câbles souples et système secondaire de connexion du jeu de barres du ou des transformateurs), et destinés à fournir la puissance électrique du ou des transformateurs à la charge continue dans la cuve du four.

3.10 *Circuit électrique principal de l'installation du four à arc*

Partie de l'installation du four à arc qui comprend le matériel à haute tension (bobine d'induction, s'il y a lieu), le ou les transformateurs du four, la ligne à haute intensité, l'arc et la charge.

3.11 *Facteur de dissymétrie du côté primaire*

Rapport exprimé en pourcentage de la différence entre les valeurs maximales et minimales des impédances de phase, y compris l'impédance du ou des transformateurs du four sur la valeur moyenne d'impédance de toutes les phases de l'installation du four à arc:

$$K_{as} = \frac{Z_{max} - Z_{min}}{Z_{moy}} \cdot 100\% \qquad (1)$$

Z_{max} = valeur maximale de l'impédance de phase de l'installation de four à arc
Z_{min} = valeur minimale de l'impédance de phase de l'installation de four à arc
Z_{moy} = moyenne arithmétique des valeurs des impédances de toutes les phases

Le facteur de dissymétrie ainsi calculé est déterminé pour le courant du four correspondant à la puissance nominale du ou des transformateurs du four (voir paragraphe 3.6).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

3.4 *Furnace high-voltage switch*

High-voltage switch which switches on and off the furnace transformer(s) under load in accordance with operating requirements.

3.5 *Furnace transformer(s)*

The transformer(s) feeding the arc furnace from the high-voltage network and providing a voltage range suitable for the furnace operation (I.E.V. 841-04-34).

3.6 *Rated power of furnace transformer(s)*

The maximum admissible continuous power of arc furnace transformer(s) (I.E.V. 841-04-12).

3.7 *Electrode of submerged-arc furnace*

A continuous electrode for certain types of arc furnaces, comprising mainly an envelope, generally metallic, filled with a plastic carbon compound which is self-baked by the current of the electrode and the heat of the furnace (example: Söderberg electrode).

3.8 *Electrode clamp*

A metallic device which carries the electrode and ensures electrical contact, a part or the whole of which is water-cooled (I.E.V. 841-04-58).

3.9 *Heavy current low-voltage line*

Assembly of series-connected elements of the secondary circuit comprising: electrodes and secondary voltage busbar system (electrode clamps, busbar system of electrode arms, flexible cables and transformer(s) secondary busbar connection) intended to carry the required electrical power from the transformer(s) to the charge material contained in the furnace body.

3.10 *Main electrical circuit of the submerged-arc furnace installation*

That part of the arc furnace installation, which includes the high-voltage equipment (reactor when used), furnace transformer(s), heavy-current line, arc and charge.

3.11 *Asymmetry factor on primary side*

Percentage ratio of the difference between the maximum and minimum phase impedance, including the furnace transformer(s), to the mean impedance of all the phases of the arc furnace installation:

$$K_{as} = \frac{Z_{max} - Z_{min}}{Z_{mean}} \cdot 100\% \qquad (1)$$

where:

Z_{max} = maximum phase impedance of arc furnace installation
Z_{min} = minimum phase impedance of arc furnace installation
Z_{mean} = arithmetic mean value of all phase impedances

Calculated asymmetry factor is determined for the furnace current corresponding to the rated power of the furnace transformer(s) (see Sub-clause 3.6).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Le facteur de dissymétrie est déterminé pour le courant du four à une valeur donnée de la tension.

Note. — En accord entre le constructeur et l'utilisateur, le facteur de dissymétrie peut être déterminé à partir des valeurs des composantes (R, X) de l'impédance (Z) (voir paragraphe 5.4).

$$K_{as-r} = \frac{R_{max} - R_{min}}{R_{moy}} \cdot 100\% \quad (1A)$$

$$K_{as-x} = \frac{X_{max} - X_{min}}{X_{moy}} \cdot 100\% \quad (1B)$$

où:

R_{max} = valeur maximale de la résistance de phase
R_{min} = valeur minimale de la résistance de phase
R_{moy} = moyenne arithmétique de toutes les valeurs de résistances de phase
X_{max} = valeur maximale de la réactance de phase
X_{min} = valeur minimale de la réactance de phase
X_{moy} = moyenne arithmétique de toutes les valeurs de réactances de phase

3.12 *Puissance active de l'installation du four (kW)*

Puissance active totale des trois phases de l'installation du four à arc.

Notes 1. — La valeur instantanée de la puissance du four peut être mesurée à tout moment, la mesure étant effectuée simultanément sur les trois phases.

2. — La valeur moyenne de la puissance active du four pendant une période définie peut être obtenue en divisant l'énergie électrique consommée, exprimée en kilowattheures, par le temps d'enclenchement exprimé en heures.

3.13 *Consommation d'énergie électrique spécifique (kWh/t)*

Quantité d'énergie électrique mesurée en kilowattheures consommée par une installation de four à arc pour la fusion complète d'une tonne de produit obtenu à partir d'une charge préalablement définie.

3.14 *Facteur de puissance de l'installation du four à arc (cos φ)*

La valeur approximative du facteur de puissance est déterminée par le rapport:

$$\cos \varphi \cong \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad (2)$$

où:

P = puissance active
Q = puissance réactive

Notes 1. — En raison de la présence possible d'harmoniques, la mesure du facteur de puissance n'est pas nécessairement rigoureuse.

2. — La valeur instantanée du facteur de puissance de l'installation du four peut être déterminée à tout moment en mesurant simultanément les puissances active et réactive.

3. — La valeur moyenne du facteur de puissance de l'installation du four pendant une période définie peut être obtenue à partir de la formule suivante:

$$\cos \varphi = \frac{E_P}{\sqrt{E_P^2 + E_Q^2}} \quad (3)$$

où:

E_P = consommation d'énergie électrique active pendant la période définie
E_Q = consommation d'énergie électrique réactive pendant la même période

3.15 *Consommation d'eau de refroidissement*

Quantité d'eau, mesurée en mètres cubes par heure, utilisée pour le refroidissement de l'installation du four à arc.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

The asymmetry factor is determined for the furnace current at given voltage value.

Note. — With mutual agreement between manufacturer and user, a detailed measure of the asymmetry factor can be developed by using the components (R, X) of the impedance (Z) (see Sub-clause 5.4).

$$K_{as-r} = \frac{R_{max} - R_{min}}{R_{mean}} \cdot 100\% \quad (1A)$$

$$K_{as-x} = \frac{X_{max} - X_{min}}{X_{mean}} \cdot 100\% \quad (1B)$$

where:

R_{max} = maximum phase resistance
R_{min} = minimum phase resistance
R_{mean} = arithmetic mean value of all phase resistances
X_{max} = maximum phase reactance
X_{min} = minimum phase reactance
X_{mean} = arithmetic mean value of all phase reactances

3.12 *Active power of furnace installation (kW)*

Total active power of the three phases of the arc furnace installation.

Notes 1. — Instantaneous value of active power of the furnace may be measured at any moment, simultaneously on the three phases.

2. — Mean value of active power of the furnace within a definite time interval may be obtained as a result of division of consumed electrical energy measured in kilowatthours by the duration of the time it is switched on, measured in hours.

3.13 *Specific electric energy consumption (kWh/t)*

Quantity of electric energy measured in kilowatthours consumed by an arc furnace installation for the melting of one tonne of the processed product derived from a predetermined charge.

3.14 *Power factor of furnace installation (cos φ)*

The approximate value of the power factor is determined from the following formula:

$$\cos \varphi \cong \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad (2)$$

where:

P = active power
Q = reactive power

Notes 1. — Because of the possible presence of harmonics, the measurement of the power factor is not necessarily correct.

2. — The instantaneous value of the furnace installation power factor may be obtained by simultaneously measuring the active and reactive power at any moment.

3. — The value of the average furnace installation power factor over a definite period of time may be obtained from the following:

$$\cos \varphi = \frac{E_P}{\sqrt{E_P^2 + E_Q^2}} \quad (3)$$

where:

E_P = active electric energy measured for a definite period of time
E_Q = reactive electric energy measured for the same period of time

3.15 *Cooling-water consumption*

Water used for cooling an arc furnace installation measured in cubic meters per hour.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

La consommation totale d'eau de refroidissement comprend généralement les quantités d'eau nécessaires pour le refroidissement:

a) du four proprement dit, y compris les systèmes secondaires de jeux de barres;

b) du transformateur du four;

c) de tous autres équipements appartenant à l'installation du four, y compris le dispositif d'évacuation et d'extraction des fumées;

d) d'autres équipements éventuels, par exemple du dispositif d'épuration des fumées.

3.16 *Etat froid de l'installation du four à arc submergé*

Etat du four et de son installation tel que la température de tous ses éléments est égale à la température ambiante.

3.17 *Etat chaud du four*

Etat thermique du four atteint après au moins 48 h de fonctionnement normal et continu.

4. Type des essais et conditions générales de leur exécution

4.1 *Liste des essais*

Pour vérifier les conditions de fonctionnement d'une installation, il est recommandé de procéder aux essais suivants:

a) mesure de la résistance de l'isolement électrique de la ligne à haute intensité (tension secondaire);

b) détermination de la consommation d'eau de refroidissement;

c) détermination des caractéristiques du système de régulation de déplacement des électrodes;

d) détermination des caractéristiques électriques pendant le fonctionnement;

e) détermination du facteur de dissymétrie du côté primaire;

f) détermination des autres caractéristiques principales de fonctionnement:
- consommation spécifique d'énergie électrique;
- facteur de puissance;
- usure spécifique des électrodes.

Note. — Il est recommandé d'effectuer les essais spécifiés aux points *a)* à *c)* sur chaque four nouvellement installé ou reconstruit. Les essais prévus aux points *d)* à *f)* peuvent ne pas être effectués si les données correspondantes sont fournies dans la documentation technique de l'installation du four à arc submergé et si elles sont garanties par le constructeur du four. Cependant, ces essais doivent être effectués s'il y a désaccord entre les données techniques et les données réelles obtenues pendant le fonctionnement du four.

4.2 *Conditions générales d'exécution des essais*

Ces essais doivent être réalisés en accord avec la Publication 398 de la CEI: Conditions générales d'essai des installations électrothermiques industrielles.

Le four doit être préparé pour les essais et mis en marche sur le lieu d'exploitation, conformément aux instructions de service et aux exigences de sécurité du travail.

Le réseau électrique alimentant l'installation du four doit, pendant les essais, assurer une symétrie de tension entre les différentes phases. L'alimentation en puissance ne peut pas être interrompue pendant les essais et durant une période antérieure adéquate.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

The total cooling-water consumption is usually subdivided as follows:

a) consumption for the furnace proper, including secondary busbar systems;

b) consumption to cool the furnace transformer;

c) consumption to cool other equipment associated with the furnace installation, including fume extraction;

d) consumption of other systems if any, e.g. cleaning system.

3.16 *Cold state of the submerged-arc furnace installation*

State of furnace and its installation when the temperature of all its parts equals the ambient temperature.

3.17 *Hot state of the furnace*

Thermal state of the furnace defined after at least 48 h of normal and continuous operation.

4. Type of tests and general conditions of their performance

4.1 *List of tests*

To check the operating conditions of an installation, the following tests should be carried out:

a) measurement of electrical insulation of the heavy-current low-voltage line;

b) measurement of cooling-water consumption;

c) determination of the electrode motion regulating system characteristics;

d) determination of the furnace electrical characteristics during operation;

e) determination of the asymmetry factor on primary side;

f) determination of the other main operating characteristics:
- specific electric energy consumption;
- power factor;
- specific electrode wear.

Note. — It is recommended that the tests specified in Items *a)* to *c)* should be carried out on every newly installed or reconstructed furnace. The tests in Items *d)* to *f)* need not be carried out providing the corresponding data are given in the technical documentation of the submerged-arc furnace and if they are guaranteed by the furnace manufacturer; however these tests must be carried out if there is some disagreement between the technical data and the actual data obtained during the furnace operation.

4.2 *General conditions of performance of tests*

Performance of the tests shall be in accordance with specifications of IEC Publication 398: General Test Conditions for Industrial Electro-heating Equipment.

The furnace shall be prepared for tests and put into operation after installation in accordance with the service instructions and the requirements for safe working.

The supply to the furnace installation during tests shall ensure a symmetry of voltage between the separate phases. No interruption of power should occur during tests or during an adequate time before.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Le niveau de la tension d'alimentation du réseau primaire du transformateur doit être maintenu dans les limites de ±5%. Cependant, des niveaux de tension en dehors de ces limites peuvent être admis pour les essais, après accord entre le constructeur et l'utilisateur. De toute façon, les résultats d'essais doivent être rapportés à la valeur nominale de la tension.

5. **Recommandations principales concernant les essais techniques**

5.1 *Mesure de l'isolement électrique de la ligne à haute intensité*

Deux essais doivent être effectués, dans l'ordre suivant, sur le four hors tension avec les électrodes complètement montées:

a) à l'état froid du four: sur le circuit basse tension d'un four vide et sans circulation d'eau;

b) à l'état chaud du four: sur le circuit basse tension de l'installation du four avec circulation d'eau.

5.1.1 *Mesure de l'isolement électrique d'une ligne à haute intensité du four à l'état froid*

L'essai du four à l'état froid doit être effectué au moyen d'un mégohmmètre de 1000 V à courant continu.

L'essai sur l'installation du four est effectué entre les trois phases connectées entre elles et la carcasse métallique du four mise à la terre.

5.1.2 *Mesure de la résistance approximative de l'isolement de la ligne à haute intensité à l'état chaud*

A l'étude.

5.2 *Mesure de la consommation d'eau de refroidissement*

Cet essai est effectué pour vérifier la consommation d'eau de refroidissement prévue en service normal par le constructeur.

L'essai doit être effectué à l'état chaud du four (voir paragraphe 3.17). La pression, la température et les qualités de l'eau de refroidissement doivent correspondre à celles spécifiées dans la documentation technique fournie par le constructeur. La température de l'eau de sortie doit être mesurée toutes les 15 min au moyen d'un thermomètre gradué de 0 °C à 100 °C.

La consommation d'eau de refroidissement est déterminée par la formule:

$$q = \frac{Q_m}{t} \text{ (m}^3\text{/h)} \qquad (4)$$

où:

Q_m = quantité d'eau mesurée, en mètres cubes

t = période durant laquelle est mesurée la quantité d'eau passant par un circuit de refroidissement donné, en heures

Pendant l'essai, il est souhaitable de déterminer les qualités de l'eau (dureté, quantité de matières en suspension, etc.) et de les comparer avec celles recommandées par le constructeur.

5.3 *Détermination des caractéristiques du système de régulation du déplacement des électrodes*

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

The main supply voltage level at the transformer primary should be maintained within the limits of ±5%. Voltage levels outside these limits may be permitted in tests by agreement between the manufacturer and the user. In any case the test results shall be converted to the reference rated voltage value.

5. Principal recommendations on technical tests

5.1 *Measurement of electrical insulation of heavy-current low-voltage line*

Two tests shall be carried out in the following order on the de-energized furnace with the electrodes completely mounted:

a) in cold state: on the low-voltage circuit of the furnace installation without charge and without water circulation;

b) in hot state: on the low-voltage circuit of the furnace installation with water circulation.

5.1.1 *Measurement of electrical insulation of the heavy-current line of the furnace in cold state*

The test of the furnace in the cold state shall be carried out by means of a 1000 V d.c. megohmmeter.

In the tests on the furnace installation, the measurement of the insulation is carried out between all three electrically connected phases and the earthed metal body of the furnace.

5.1.2 *Measurement of approximate electrical insulation of the heavy-current low-voltage line in the hot state*

Under consideration.

5.2 *Measurement of cooling-water consumption*

The purpose of this test is to check the cooling-water consumption as foreseen by the manufacturer during normal operation.

The test shall be carried out when the furnace is in the hot state (see Sub-clause 3.17). The pressure, temperature and properties of the cooling water shall correspond to the requirements given in the technical documentation by the furnace manufacturer. The temperature of outlet water should be measured every 15 min by means of a thermometer scaled from 0 °C to 100 °C.

The cooling-water consumption is determined from the formula:

$$q = \frac{Q_m}{t} \text{ (m}^3\text{/h)} \qquad (4)$$

where:

Q_m = quantity of water measured in cubic meters

t = period of time during which the quantity of water flows through a separate cooling branch, in hours

During the test, it is desirable to determine the cooling-water properties (hardness, quantity of suspended particles, etc.) and to compare these with the manufacturer's recommendations.

5.3 *Determination of the electrode motion regulating system characteristics*

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

5.3.1 *Mesure de la vitesse du déplacement de l'électrode*

La mesure est effectuée en commande manuelle du système d'entraînement pour le mouvement de l'électrode, dans les deux sens. La mesure de la vitesse de déplacement est effectuée séparément pour chaque électrode, puis sur les trois électrodes ensemble, au moyen d'un chronographe en marquant la distance couverte par l'électrode par rapport à son support fixe. La mesure doit être effectuée avant de charger les matériaux bruts.

5.3.2 *Détermination de la zone morte des régulateurs d'électrodes*

Pendant l'exploitation normale, la zone morte des régulateurs doit être ajustée aux conditions de fonctionnement du four.

5.3.3 *Détermination du temps de réponse total du système de régulation de déplacement d'électrodes*

A l'étude.

5.4 *Détermination des caractéristiques électriques en fonctionnement*

Pour déterminer les valeurs de l'impédance Z, de la résistance R, de la réactance X de la ligne à haute intensité et du facteur de dissymétrie du côté primaire, les mesures sont effectuées sur le côté primaire du ou des transformateurs et les résultats convertis pour obtenir les valeurs exigées.

Dans le cas des fours à arc submergé, l'essai de court-circuit est plus difficile à réaliser que dans le cas des fours à arc direct. Il doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur. La détermination des valeurs caractéristiques mentionnées ci-dessus doit être faite avec les électrodes en position normale de fonctionnement sous la tension correspondant à chaque niveau de courant obtenu à partir des essais suivants:

— le premier essai à une valeur de fonctionnement égale à la moitié de la valeur nominale du courant;

— le second essai à une valeur de fonctionnement égale aux trois quarts de la valeur nominale du courant;

— le troisième essai à une valeur de fonctionnement égale à la valeur nominale du courant.

A partir de ces trois mesures, on peut déterminer des valeurs caractéristiques, à savoir l'impédance, la résistance et la réactance en traçant un diagramme circulaire simplifié comme indiqué dans la figure 1, page 22.

S'il est possible d'effectuer un essai de court-circuit, on peut obtenir le diagramme circulaire complet donné dans la figure 2, page 22.

L'essai de court-circuit doit être effectué conformément aux spécifications relatives aux fours à arc direct (voir la Publication 676 de la CEI: Méthodes d'essai des fours à arc direct).

Note. — Pour un four à arc submergé, c'est la réactance en fonctionnement normal avec la position normale d'électrodes qui est importante. La réactance déterminée à partir de l'essai en court-circuit représente les conditions anormales de fonctionnement.

5.5 *Détermination du facteur de dissymétrie du côté primaire du four à arc submergé*

La détermination du facteur de dissymétrie d'un four à arc submergé doit être effectuée, si la mesure est possible et dans le cas d'un accord préalable entre le constructeur et l'utilisateur, selon les mêmes modalités que celles d'un four à arc direct (voir la Publication 676 de la CEI).

5.6 *Détermination des autres caractéristiques principales de fonctionnement*

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

5.3.1 *Measurement of the speed of the electrode motion*

The measurement is made with manual control of the driving power for movement of the electrode in two directions. The measurement of the speed of motion is carried out separately on each electrode and then on all three together by means of a stop-watch noting the distance covered by the electrode relative to its fixed support. The measurement should be carried out before the raw materials are charged.

5.3.2 *Dead band of electrode regulators*

During normal operation, the dead band of the regulators should be adjusted to suit the furnace operating conditions.

5.3.3 *Determination of total response time of the electrode motion regulating system*

Under consideration.

5.4 *Determination of the electrical characteristics during operation*

To determine the values of the impedance Z, resistance R, reactance X of the heavy-current line and the asymmetry factor on the primary side, the measurements are performed on the primary side of the transformer(s) and the result converted to give the required values.

In the case of submerged-arc furnaces, the short-circuit test is much more difficult to perform than in the case of direct arc furnaces. This is a matter for agreement between the manufacturer and the user. The determination of the above-mentioned characteristic values shall be made with the electrodes in normal operating position at the voltage required for each current level obtained from the following tests:

— the first test at an operating value equalling half of the rated current;

— the second test at an operating value equalling three-quarters of the rated current;

— the third test at an operating value equalling the rated current.

From the results of these tests it is possible to determine characteristic values, namely the impedance, the resistance and the reactance by drawing a simplified circular diagram as shown in Figure 1, page 22.

If it is possible to carry out the short-circuit test, the full circular diagram as shown in Figure 2, page 22, can be obtained.

This test shall be carried out as detailed in IEC Publication 676: Test Methods for Direct Arc Furnaces.

Note. — In the case of a submerged-arc furnace, it is the reactance during normal operation of the furnace and with the electrodes in their normal position which is important. The reactance determined from the short-circuit test represents abnormal operating conditions.

5.5 *Determination of the asymmetry factor on the primary side of the submerged-arc furnace*

The determination of the asymmetry factor of a submerged-arc furnace shall be made, if it is possible and in the case of a prior agreement between the manufacturer and the user, according to the same procedure as that for a direct arc furnace (see IEC Publication 676).

5.6 *Determination of the other main operating characteristics*

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

5.6.1 *Généralités*

La mesure des caractéristiques de fonctionnement comprend:

a) la consommation spécifique d'énergie électrique;

b) le facteur de puissance moyen pour une période de temps considérée;

c) l'usure spécifique des électrodes.

5.6.2 *Conditions d'essai*

Deux essais doivent être effectués, chacun d'eux pendant une période de temps suffisante pour donner un résultat significatif, soit pendant au moins 12 h.

Dans le cas d'une coulée continue, le temps doit être compté entre deux prélèvements successifs. Il faudra faire en sorte qu'une coulée complète soit terminée au bout de 24 h.

Dans le cas d'une coulée discontinue, le temps entre deux coulées doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

En cas de cassure d'électrode, l'essai doit être recommencé.

On détermine les quantités suivantes:

a) Consommation spécifique d'énergie électrique pendant la période considérée

Elle est calculée à partir de la formule:

$$e_P = \frac{E_{Pt} - E_{Po}}{G} \text{ (kWh/t)} \qquad (5)$$

où:

E_{Pt} = lecture de l'appareil de mesure de l'énergie active à la fin de la période considérée, en kilowattheures

E_{Po} = lecture de l'appareil de mesure de l'énergie active au début de la période considérée, en kilowattheures

G = masse du produit fini, en tonnes

Note. — En accord entre le constructeur et l'utilisateur, la consommation spécifique d'énergie électrique peut être rapportée à la quantité de matériau brut.

b) Facteur de puissance moyen pendant la période considérée

Il est donné par la formule suivante:

$$\cos \varphi = \frac{E_{Pt} - E_{Po}}{\sqrt{(E_{Pt} - E_{Po})^2 + (E_{Qt} - E_{Qo})^2}} \qquad (6)$$

où:

E_{Qt} = lecture de l'appareil de mesure de l'énergie réactive à la fin de la période considérée, en kvarh

E_{Qo} = lecture de l'appareil de mesure de l'énergie réactive au début de la période considérée, en kvarh

Les mesures de l'énergie active et de l'énergie réactive doivent être faites au moyen d'un appareil triphasé, approprié et vérifié, installé du côté primaire du transformateur.

c) Mesure de l'usure spécifique des électrodes

La mesure spécifique de l'usure des électrodes est effectuée pendant une période d'au moins trois jours, de préférence une semaine. Pour cet essai, doivent être utilisées des électrodes ou une pâte d'électrodes d'un type spécifié, en accord entre le constructeur et l'utilisateur.

L'usure des électrodes E_{el} est déterminée par la masse, en kilogrammes, des électrodes consommées pendant la période de temps donnée, suffisante pour obtenir un résultat significatif.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

5.6.1 *General*

The measurement of operating characteristics comprises:

a) specific electric energy consumption;

b) mean power factor for a considered period of time;

c) specific electrode wear.

5.6.2 *Test conditions*

Two tests shall be carried out, each over a period of time sufficient to give an accurate result, namely during at least 12 h.

In the case of continuous tapping, the time shall be reckoned between two successive tappings. A procedure shall be adopted so that a complete tapping shall be terminated after 24 h.

In the case of intermittent tapping, the period between one tapping and another shall be agreed upon between the manufacturer and the user.

In the event of an electrode breaking, the test shall be repeated.

The following quantities are determined:

a) Specific electric energy consumption during the considered period

This is derived from the formula:

$$e_P = \frac{E_{Pt} - E_{Po}}{G} \text{ (kWh/t)} \qquad (5)$$

where:

E_{Pt} = reading of the active energy meter after the considered period is completed, in kilowatthours

E_{Po} = reading of the active energy meter at the moment the considered period was started, in kilowatthours

G = mass of final product, in tonnes

Note. — By agreement between the manufacturer and the user the specific electric energy consumption may be referred to the quantity of raw materials.

b) Mean power factor for the considered period

This is derived from the formula:

$$\cos \varphi = \frac{E_{Pt} - E_{Po}}{\sqrt{(E_{Pt} - E_{Po})^2 + (E_{Qt} - E_{Qo})^2}} \qquad (6)$$

where:

E_{Qt} = reading of the reactive energy meter after the considered period is completed, in kvarh

E_{Qo} = reading of the reactive energy meter at the moment the considered period was started, in kvarh

The measurement of active and reactive electric energies shall be made by means of a suitable and verified three-phase meter installed on the high-voltage side.

c) Specific electrode wear

The measurement of the specific electrode wear shall be carried out over a period of at least three days, preferably one week. Electrode or electrode paste of a specified kind, agreed upon between the manufacturer and the user, shall be employed.

The electrode wear E_{el} shall be determined by the mass, in kilograms, of the electrodes consumed over a period of time, sufficient to give an accurate result.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

L'usure spécifique des électrodes e_{el} est déterminée en faisant le quotient de l'usure des électrodes E_{el}, exprimée en kilogrammes, et de la masse totale du produit coulé G, exprimée en tonnes:

$$e_{el} = \frac{E_{el}}{G} \text{ (kg/t)} \tag{7}$$

5.6.3 *Résultats des essais*

Les valeurs retenues pour les différents paramètres d'essai, par exemple:

$$e_P,\ \cos\varphi,\ e_{el}$$

doivent être déterminées en faisant la valeur moyenne arithmétique des différentes valeurs mesurées pour chaque paramètre pendant deux essais au moins.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

The specific electrode wear e_{el} shall be determined as the quotient of electrode wear E_{el}, expressed in kilograms and the total mass of tapped product G expressed in tonnes:

$$e_{el} = \frac{E_{el}}{G} \text{ (kg/t)} \tag{7}$$

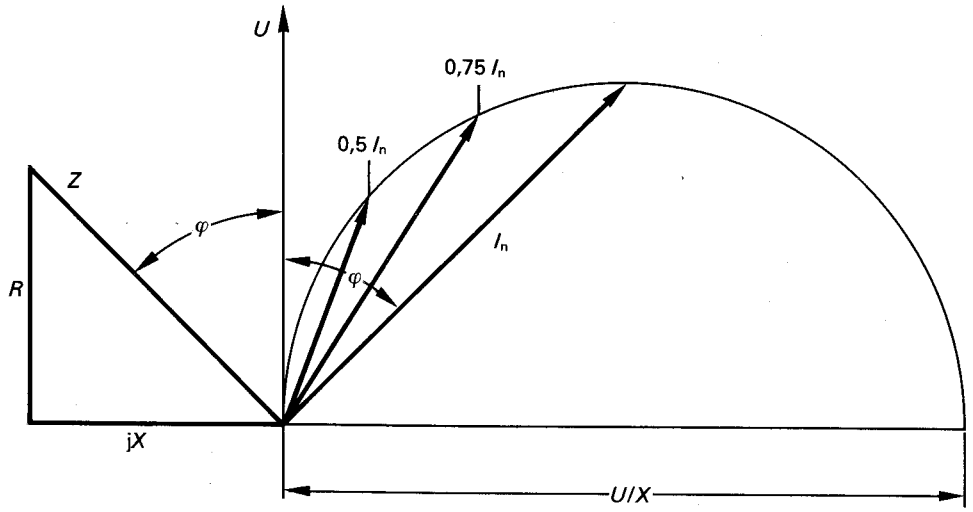
5.6.3 *Test results*

The values to be recorded for the different test parameters, for instance:

$$e_P, \cos \varphi, e_{el}$$

shall be determined as the arithmetic mean of the different values recorded for each parameter during the two or more tests made.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

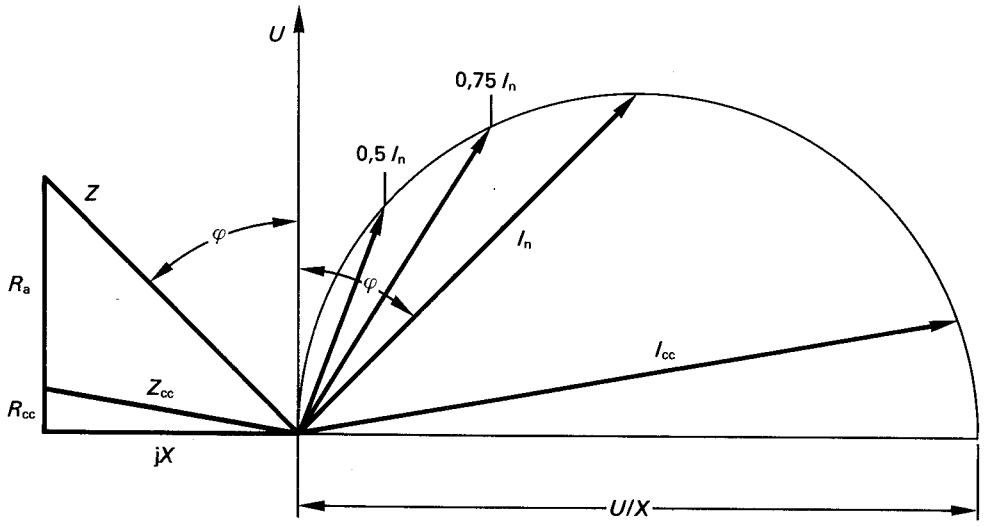


Z = impédance / impedance

R = résistance / resistance

X = réactance / reactance

FIG. 1. — Diagramme circulaire simplifié de fonctionnement d'un four à arc submergé.
Simplified circle diagram of the operation of a submerged-arc furnace.



R_a = résistance de l'arc / arc resistance

R_{cc} = résistance en court-circuit / short-circuit resistance

Z_{cc} = impédance en court-circuit / short-circuit impedance

I_n = courant assigné / rated current

I_{cc} = courant de court-circuit / short-circuit current

FIG. 2. — Diagramme circulaire de fonctionnement d'un four à arc submergé.
Circle diagram of the operation of a submerged-arc furnace.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

ICS 25.180.10

Typeset and printed by the IEC Central Office
GENEVA, SWITZERLAND

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale