

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**62271-202**

Première édition  
First edition  
2006-06

---

---

**Appareillage à haute tension –**

**Partie 202:  
Postes préfabriqués haute tension/  
basse tension**

**High-voltage switchgear and controlgear –**

**Part 202:  
High-voltage/low-voltage prefabricated  
substation**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 62271-202:2006

## Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

## Editions 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.

## Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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 cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI ([www.iec.ch](http://www.iec.ch))
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI ([www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues ([www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: [custserv@iec.ch](mailto:custserv@iec.ch)  
Tél: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

## Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

## Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. 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.

## Further information on IEC publications

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 this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. 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 also available from the following:

- IEC Web Site ([www.iec.ch](http://www.iec.ch))
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site ([www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications ([www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: [custserv@iec.ch](mailto:custserv@iec.ch)  
Tel: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**62271-202**

Première édition  
First edition  
2006-06

---

---

**Appareillage à haute tension –**

**Partie 202:  
Postes préfabriqués haute tension/  
basse tension**

**High-voltage switchgear and controlgear –**

**Part 202:  
High-voltage/low-voltage prefabricated  
substation**

© IEC 2006 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, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland  
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE **XB**

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

## SOMMAIRE

|                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| AVANT-PROPOS .....                                                                                                                          | 8  |
| INTRODUCTION .....                                                                                                                          | 12 |
| 1 Généralités .....                                                                                                                         | 14 |
| 1.1 Domaine d'application .....                                                                                                             | 14 |
| 1.2 Références normatives .....                                                                                                             | 14 |
| 1.3 Termes et définitions .....                                                                                                             | 18 |
| 2 Conditions de service .....                                                                                                               | 20 |
| 2.1 Conditions normales de service .....                                                                                                    | 20 |
| 2.2 Conditions spéciales de service .....                                                                                                   | 22 |
| 3 Exigences pour les composants .....                                                                                                       | 24 |
| 4 Caractéristiques assignées .....                                                                                                          | 24 |
| 4.1 Tensions assignées .....                                                                                                                | 26 |
| 4.2 Niveaux d'isolement assignés .....                                                                                                      | 26 |
| 4.3 Fréquence assignée et nombre de phases .....                                                                                            | 26 |
| 4.4 Courants assignés en service continu et échauffement .....                                                                              | 26 |
| 4.5 Courants de courte durée admissibles assignés .....                                                                                     | 28 |
| 4.6 Valeurs de crête des courants admissibles assignés .....                                                                                | 28 |
| 4.7 Durée de court-circuit assigné .....                                                                                                    | 28 |
| 4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de manœuvre et des circuits auxiliaires .....                                           | 28 |
| 4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de manœuvre et des circuits auxiliaires .....                                         | 28 |
| 4.10 Puissance maximale et classe d'enveloppe assignées .....                                                                               | 28 |
| 5 Conception et construction .....                                                                                                          | 30 |
| 5.1 Mise à la terre .....                                                                                                                   | 30 |
| 5.2 Equipements auxiliaires .....                                                                                                           | 32 |
| 5.3 Plaque signalétique .....                                                                                                               | 32 |
| 5.4 Degré de protection et défaut interne .....                                                                                             | 32 |
| 5.5 Enveloppe .....                                                                                                                         | 36 |
| 5.6 Autres dispositions .....                                                                                                               | 42 |
| 5.7 Emission de bruit .....                                                                                                                 | 42 |
| 5.8 Compatibilité électromagnétique (CEM) .....                                                                                             | 42 |
| 6 Essais de type .....                                                                                                                      | 42 |
| 6.1 Généralités .....                                                                                                                       | 42 |
| 6.2 Essais diélectriques .....                                                                                                              | 44 |
| 6.3 Essais d'échauffement .....                                                                                                             | 50 |
| 6.4 Essais au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible sur les circuits principaux et de mise à la terre ..... | 56 |
| 6.5 Essais fonctionnels .....                                                                                                               | 56 |
| 6.6 Vérification du degré de protection .....                                                                                               | 56 |
| 6.7 Calculs et essais mécaniques .....                                                                                                      | 56 |
| 6.8 Essais d'arc dû à un défaut interne .....                                                                                               | 58 |
| 6.9 Essais de compatibilité électromagnétique .....                                                                                         | 58 |

## CONTENTS

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FOREWORD.....                                                                                      | 9  |
| INTRODUCTION.....                                                                                  | 13 |
| 1 General .....                                                                                    | 15 |
| 1.1 Scope.....                                                                                     | 15 |
| 1.2 Normative references .....                                                                     | 15 |
| 1.3 Terms and definitions .....                                                                    | 19 |
| 2 Service conditions .....                                                                         | 21 |
| 2.1 Normal service conditions .....                                                                | 21 |
| 2.2 Special service conditions .....                                                               | 23 |
| 3 Requirements for components .....                                                                | 25 |
| 4 Ratings.....                                                                                     | 25 |
| 4.1 Rated voltages .....                                                                           | 27 |
| 4.2 Rated insulation levels .....                                                                  | 27 |
| 4.3 Rated frequency and number of phases .....                                                     | 27 |
| 4.4 Rated normal currents and temperature rise .....                                               | 27 |
| 4.5 Rated short-time withstand currents .....                                                      | 29 |
| 4.6 Rated peak withstand currents .....                                                            | 29 |
| 4.7 Rated duration of short circuit .....                                                          | 29 |
| 4.8 Rated supply voltage of closing and opening devices and auxiliary and control circuits .....   | 29 |
| 4.9 Rated supply frequency of closing and opening devices and auxiliary and control circuits ..... | 29 |
| 4.10 Rated maximum power and class of enclosure .....                                              | 29 |
| 4.10.1 Rated maximum power of the prefabricated substation .....                                   | 29 |
| 4.10.2 Rated class of enclosure .....                                                              | 31 |
| 5 Design and construction .....                                                                    | 31 |
| 5.1 Earthing .....                                                                                 | 31 |
| 5.2 Auxiliary equipment .....                                                                      | 33 |
| 5.3 Nameplate .....                                                                                | 33 |
| 5.4 Degree of protection and internal fault .....                                                  | 33 |
| 5.5 Enclosure .....                                                                                | 37 |
| 5.6 Other provisions .....                                                                         | 43 |
| 5.7 Sound emission .....                                                                           | 43 |
| 5.8 Electromagnetic compatibility (EMC) .....                                                      | 43 |
| 6 Type tests .....                                                                                 | 43 |
| 6.1 General .....                                                                                  | 43 |
| 6.2 Dielectric tests .....                                                                         | 45 |
| 6.3 Temperature-rise tests .....                                                                   | 51 |
| 6.4 Short-time and peak withstand current tests on main and earthing circuits .....                | 57 |
| 6.5 Functional tests .....                                                                         | 57 |
| 6.6 Verification of the degree of protection .....                                                 | 57 |
| 6.7 Calculations and mechanical tests .....                                                        | 57 |
| 6.8 Internal arcing test .....                                                                     | 59 |
| 6.9 Electromagnetic compatibility test (EMC) .....                                                 | 59 |

|      |                                                                                                                       |     |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7    | Essais individuels de série .....                                                                                     | 58  |
| 7.1  | Essai diélectrique de l'interconnexion HT .....                                                                       | 60  |
| 7.2  | Essais de tenue à la tension des circuits auxiliaires .....                                                           | 60  |
| 7.3  | Essais fonctionnels .....                                                                                             | 60  |
| 7.4  | Vérification de l'exactitude de la filerie .....                                                                      | 60  |
| 7.5  | Essais après assemblage sur le site .....                                                                             | 60  |
| 8    | Guide pour le choix des postes préfabriqués selon le service .....                                                    | 60  |
| 8.1  | Choix des caractéristiques assignées .....                                                                            | 60  |
| 8.2  | Choix de la classe d'enveloppe .....                                                                                  | 62  |
| 8.3  | Choix de la classe d'arc interne .....                                                                                | 62  |
| 8.4  | Information .....                                                                                                     | 68  |
| 9    | Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes .....                              | 76  |
| 9.1  | Renseignements dans les appels d'offres et les commandes .....                                                        | 76  |
| 9.2  | Renseignements pour les soumissions .....                                                                             | 78  |
| 10   | Règles pour le transport, l'installation, le fonctionnement, la maintenance et la fin de vie .....                    | 80  |
| 10.1 | Conditions de transport, de stockage et d'installation .....                                                          | 80  |
| 10.2 | Installation .....                                                                                                    | 80  |
| 10.3 | Fonctionnement .....                                                                                                  | 82  |
| 10.4 | Maintenance .....                                                                                                     | 82  |
| 10.5 | Démontage, recyclage et enlèvement en fin de vie .....                                                                | 82  |
| 11   | Sûreté .....                                                                                                          | 82  |
| 11.1 | Aspects électriques .....                                                                                             | 84  |
| 11.2 | Aspects mécaniques .....                                                                                              | 84  |
| 11.3 | Aspects thermiques .....                                                                                              | 84  |
| 11.4 | Aspects liés à un arc dû à un défaut interne .....                                                                    | 84  |
|      | Annexe A (normative) Méthode pour essayer le poste préfabriqué dans des conditions d'arc dû à un défaut interne ..... | 88  |
|      | Annexe B (normative) Essai de vérification du niveau de bruit d'un poste préfabriqué .....                            | 114 |
|      | Annexe C (normative) Essai d'impact mécanique .....                                                                   | 118 |
|      | Annexe D (informative) Caractéristique assignée des transformateurs dans les enveloppes .....                         | 122 |
|      | Annexe E (informative) Exemples de circuits de mise à la terre .....                                                  | 128 |
|      | Annexe F (informative) Caractéristiques des matériaux de l'enveloppe .....                                            | 134 |
|      | Bibliographie .....                                                                                                   | 138 |
|      | Figure 1 – Mesure de l'échauffement du transformateur à l'air ambiant: $\Delta t_1$ (se reporter à 6.3) .....         | 84  |
|      | Figure 2 – Mesure de l'échauffement du transformateur dans une enveloppe: $\Delta t_2$ (se reporter à 6.3) .....      | 86  |
|      | Figure 3 – Schéma de l'essai d'échauffement (se référer à 6.3.2) .....                                                | 86  |
|      | Figure A.1 – Cadre de montage pour les indicateurs verticaux .....                                                    | 102 |
|      | Figure A.2 – Indicateurs horizontaux .....                                                                            | 102 |
|      | Figure A.3 – Disposition des indicateurs .....                                                                        | 104 |

|      |                                                                                                                               |     |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7    | Routine tests .....                                                                                                           | 59  |
| 7.1  | Dielectric test on the HV interconnection .....                                                                               | 61  |
| 7.2  | Voltage withstand tests on auxiliary circuits .....                                                                           | 61  |
| 7.3  | Functional tests .....                                                                                                        | 61  |
| 7.4  | Verification of correct wiring .....                                                                                          | 61  |
| 7.5  | Tests after assembly on site .....                                                                                            | 61  |
| 8    | Guide to the selection of prefabricated substations for service .....                                                         | 61  |
| 8.1  | Selection of rated values .....                                                                                               | 61  |
| 8.2  | Selection of class of enclosure .....                                                                                         | 63  |
| 8.3  | Selection of internal arc classification .....                                                                                | 63  |
| 8.4  | Information .....                                                                                                             | 69  |
| 9    | Information to be given with enquiries, tenders and orders .....                                                              | 77  |
| 9.1  | Information with enquiries and orders .....                                                                                   | 77  |
| 9.2  | Information with tenders .....                                                                                                | 79  |
| 10   | Rules for transport, installation, operation, maintenance and end-of-service life .....                                       | 81  |
| 10.1 | Conditions during transport, storage and installation .....                                                                   | 81  |
| 10.2 | Installation .....                                                                                                            | 81  |
| 10.3 | Operation .....                                                                                                               | 83  |
| 10.4 | Maintenance .....                                                                                                             | 83  |
| 10.5 | Dismantling, recycling and disposal at the end-of-service life .....                                                          | 83  |
| 11   | Safety .....                                                                                                                  | 83  |
| 11.1 | Electrical aspects .....                                                                                                      | 85  |
| 11.2 | Mechanical aspects .....                                                                                                      | 85  |
| 11.3 | Thermal aspects .....                                                                                                         | 85  |
|      | Annex A (normative) Method for testing the prefabricated substation under conditions of arcing due to an internal fault ..... | 89  |
|      | Annex B (normative) Test to verify the sound level of a prefabricated substation .....                                        | 115 |
|      | Annex C (normative) Mechanical impact test .....                                                                              | 119 |
|      | Annex D (informative) Rating of transformers in an enclosure .....                                                            | 123 |
|      | Annex E (informative) Examples of earthing circuits .....                                                                     | 129 |
|      | Annex F (informative) Characteristics of enclosure materials .....                                                            | 135 |
|      | Bibliography .....                                                                                                            | 139 |
|      | Figure 1 – Measurement of transformer temperature rise in ambient air: $\Delta t_1$ (refer to 6.3) .....                      | 85  |
|      | Figure 2 – Measurement of transformer temperature rise in an enclosure: $\Delta t_2$ (refer to 6.3) .....                     | 87  |
|      | Figure 3 – Diagram of the temperature-rise test (refer to 6.3.2) .....                                                        | 87  |
|      | Figure A.1 – Mounting frame for vertical indicators .....                                                                     | 103 |
|      | Figure A.2 – Horizontal indicators .....                                                                                      | 103 |
|      | Figure A.3 – Arrangement of indicators .....                                                                                  | 105 |
|      | Figure A.4 – Selection of tests on HV switchgear for class IAC-A .....                                                        | 107 |

|                                                                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure A.4 – Sélection des essais sur l'appareillage HT pour la classe IAC-A.....                                             | 106 |
| Figure A.5 – Sélection des essais sur l'appareillage HT pour la classe IAC-B.....                                             | 108 |
| Figure A.6 – Sélection des essais sur les interconnexions HT pour la classe IAC-A .....                                       | 110 |
| Figure A.7 – Sélection des essais sur les interconnexions HT pour la classe IAC-B .....                                       | 112 |
| Figure C.1 – Appareil d'essai d'impact.....                                                                                   | 120 |
| Figure D.1 – Facteur de charge d'un transformateur immergé, dans une enveloppe .....                                          | 122 |
| Figure D.2 – Facteur de charge d'un transformateur de type sec dans une enveloppe .....                                       | 124 |
| Figure E.1 – Exemple de circuit de terre .....                                                                                | 128 |
| Figure E.2 – Exemple de circuit de terre .....                                                                                | 130 |
| Figure E.3 – Exemple de circuit de terre avec le châssis servant de conducteur principal de terre .....                       | 132 |
| Tableau 1 – Synthetic Material Characteristics.....                                                                           | 38  |
| Tableau 2 – Emplacements, causes et exemples de mesures de diminution de la probabilité d'un arc dû à un défaut interne ..... | 64  |
| Tableau 3 – Exemples de mesures de limitation des conséquences d'un arc interne .....                                         | 66  |
| Tableau 4 – Résumé des exigences techniques et des caractéristiques pour les postes préfabriqués.....                         | 68  |

|                                                                                                       |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure A.5 – Selection of tests on HV switchgear for class IAC-B.....                                 | 109 |
| Figure A.6 – Selection of tests on HV interconnections for class IAC-A.....                           | 111 |
| Figure A.7 – Selection of tests on HV interconnections for class IAC-B.....                           | 113 |
| Figure C.1 – Impact test apparatus .....                                                              | 121 |
| Figure D.1 – Liquid-filled transformer load factor in an enclosure.....                               | 123 |
| Figure D.2 – Dry-type transformer load factor in an enclosure.....                                    | 125 |
| Figure E.1 – Example of earthing circuits .....                                                       | 129 |
| Figure E.2 – Example of earthing circuits .....                                                       | 131 |
| Figure E.3 – Example within the framework serving as the main earthing conductor .....                | 133 |
| Table 1 – Synthetic material characteristics .....                                                    | 39  |
| Table 2 – Locations, causes and examples of measures decreasing the probability of internal arcs..... | 65  |
| Table 3 – Examples of measures limiting the consequences of internal arcs.....                        | 67  |
| Table 4 – Summary of technical requirements and ratings for prefabricated substations .....           | 69  |

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

### Partie 202: Postes préfabriqués haute tension/basse tension

#### AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62271-202 a été établie par le sous-comité 17C: Ensembles d'appareillages haute tension, du comité d'études 17 de la CEI: Appareillage.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

| FDIS         | Rapport de vote |
|--------------|-----------------|
| 17C/371/FDIS | 17C/375/RVD     |

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Cette publication a été rédigée selon les directives ISO/CEI, partie 2.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –****Part 202: High-voltage/low-voltage prefabricated substation**

## FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62271-202 has been prepared by subcommittee 17C: High-voltage switchgear and controlgear assemblies, of IEC technical committee 17: Switchgear and controlgear.

The text of this standard is based on the following documents:

| FDIS         | Report on voting |
|--------------|------------------|
| 17C/371/FDIS | 17C/375/RVD      |

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

Les normes suivantes font partie de la même série CEI 62271, sous le titre général *Appareillage à haute tension*:

- Partie 200: Appareillage sous enveloppe métallique pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV
- Partie 201: Appareillage sous enveloppe isolante pour courant alternatif de tension assignée supérieure à 1 kV et inférieure ou égale à 52 kV
- Partie 203: Appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tensions assignées supérieures à 52 kV

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous «<http://webstore.iec.ch>» dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62271-202:2006

Withdrawn

The following standards belong to the same IEC 62271 series, under the general title *High-voltage switchgear and controlgear*:

- Part 200: AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 53 kV
- Part 201: AC insulation-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV
- Part 203: Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

Withdrawn  
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62271-202:2006

## INTRODUCTION

Les postes préfabriqués sont définis comme un ensemble soumis à des essais de type et comprenant une enveloppe incluant un ou plusieurs transformateurs, des appareillages basse tension et haute tension, des connexions et des équipements auxiliaires, destiné à fournir de l'énergie basse tension à partir d'un réseau haute tension ou vice versa. Ces postes se trouvent dans des emplacements accessibles au public et il convient que la sécurité des personnes soit assurée dans les conditions de services spécifiées.

Cela signifie que, outre les caractéristiques spécifiées, les valeurs assignées et les procédures d'essai applicables, une attention particulière a été portée aux spécifications relatives à la protection des personnes, les opérateurs et le public. L'utilisation de matériels soumis à des essais de type ainsi que la conception et la construction adéquates de l'enveloppe assurent cette protection. La conception et les performances du poste de transformation préfabriqué sont vérifiées au moyen d'essais de type décrits dans cette norme, incluant les essais d'arc dû à un défaut interne.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62271-202:2006

## INTRODUCTION

Prefabricated substations are defined as a type-tested assembly comprising an enclosure containing transformers, low-voltage and high-voltage switchgear, connections and auxiliary equipment to supply low-voltage energy from a high-voltage system or vice versa. These substations are in locations accessible to the public and should ensure protection to persons according to the specified service conditions.

This means that, in addition to the specified characteristics, ratings and relevant test procedures, particular attention has been paid to the specification concerning the protection of persons, both operators and general public. Use of type-tested components and suitable design and construction of the enclosure ensure this protection. The correct design and performance of the prefabricated substation are verified by means of relevant type tests described in this standard, including internal arc tests.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62271-202:2006

## APPAREILLAGE À HAUTE TENSION –

### Partie 202: Postes préfabriqués haute tension/basse tension

## 1 Généralités

### 1.1 Domaine d'application

La présente Norme Internationale prescrit les conditions de service, les caractéristiques assignées, les exigences structurelles générales, et les méthodes d'essai applicables aux postes préfabriqués HT/BT ou BT/HT qui sont connectés par câble, pour être manœuvrés de l'intérieur (à aire de manœuvre) ou de l'extérieur (sans aire de manœuvre), pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV côté HT, pour un ou plusieurs transformateurs, pour des fréquences de service inférieures ou égales à 60 Hz et pour installation à l'extérieur, dans des endroits accessibles au public.

Les postes préfabriqués peuvent être situés au niveau du sol ou partiellement ou complètement au-dessous du niveau du sol.

En général un poste préfabriqué comprend les principaux composants suivants (fonctions):

- une enveloppe;
- un ou plusieurs transformateurs de puissance;
- des appareillages HT et BT,
- des interconnexions HT et BT;
- des équipements et circuits auxiliaires.

Toutefois les dispositions pertinentes de cette norme sont également applicables aux conceptions pour lesquelles tous ces composants ne sont pas présents (par exemple une installation comprenant un transformateur de puissance et un appareillage BT).

NOTE Il convient que les postes non préfabriqués satisfassent aux exigences de la CEI 61936-1.

### 1.2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60076, *Transformateurs de puissance (toutes les parties)*

CEI 60076-1, *Transformateurs de puissance – Partie 1: Généralités*

CEI 60076-2, *Transformateurs de puissance – Partie 2: Echauffement*

CEI 60076-5, *Transformateurs de puissance – Partie 5: Tenue au court-circuit*

CEI 60076-10, *Transformateurs de puissance – Partie 10: Détermination des niveaux de bruit*

CEI 60076-11, *Transformateurs de puissance – Partie 11: Transformateurs de type sec*

## HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR –

### Part 202: High-voltage/low-voltage prefabricated substation

## 1 General

### 1.1 Scope

This part of IEC 62271 specifies the service conditions, rated characteristics, general structural requirements and test methods of HV/LV or LV/HV prefabricated substations, which are cable-connected, to be operated from inside (walk-in type) or outside (non-walk-in type) for alternating current of rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV on the HV side, and for one or more transformers for service frequencies up to and including 60 Hz for outdoor installation in locations with public accessibility.

Prefabricated substations can be situated at ground level or partially or completely below ground level.

In general, a prefabricated substation comprises the following main components (functions):

- enclosure;
- power transformers;
- HV and LV switchgear and controlgear;
- HV and LV interconnections;
- auxiliary equipment and circuits.

However, relevant provisions of this standard are applicable to designs where not all these components exist (for example, an installation consisting of power transformer and LV switchgear).

NOTE Non-prefabricated substations should comply with the applicable requirements of IEC 61936-1.

### 1.2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60076 (all parts), *Power transformers*

IEC 60076-1, *Power transformers – Part 1: General*

IEC 60076-2, *Power transformers – Part 2: Temperature rise*

IEC 60076-5, *Power transformers – Part 5: Ability to withstand short circuit*

IEC 60076-10, *Power transformers – Part 10: Determination of sound levels*

IEC 60076-11, *Power transformers – Part 11: Dry-type power transformers*

CEI 60364-4-41, *Installations électriques des bâtiments – Partie 4: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*

CEI 60439-1, *Ensembles d'appareillage à basse tension – Partie 1: Ensembles de série et ensembles dérivés de série*

CEI 60466, *Appareillage sous enveloppe isolante pour courant alternatif de tension assignée supérieure à 1 kV et inférieure ou égale à 38 kV*

CEI 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 60664-1, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, prescriptions et essais*

CEI 60694, *Spécifications communes aux normes de l'appareillage à haute tension*

CEI 60721-1, *Classification des conditions d'environnement – Partie 1: Agents d'environnement et leurs sévérités*

CEI 60721-2-2, *Classification des conditions d'environnement – Deuxième partie: Conditions d'environnement présentes dans la nature – Précipitations et vent*

CEI 60721-2-4, *Classification des conditions d'environnement – Partie 2-4: Conditions d'environnement présentes dans la nature – Rayonnement solaire et température*

CEI 60815, *Guides pour le choix des isolateurs sous pollution*

CEI 60905, *Guide de charge pour transformateurs de puissance du type sec*

CEI 61166, *Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension – Guide pour la qualification sismique des disjoncteurs à courant alternatif à haute tension*

CEI 61180-1, *Techniques des essais à haute tension pour matériels à basse tension – Partie 1: Définitions, prescriptions et modalités relatives aux essais*

CEI 61936-1, *Installations électriques en courant alternatif de puissance supérieure à 1 kV – Partie 1: Règles communes*

CEI 62262, *Degrés de protection procurés par les enveloppes de matériels électriques contre les impacts mécaniques externes (code IK)*

CEI 62271-200, *Appareillage à haute tension – Partie 200: Appareillage sous enveloppe métallique pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV*

ISO/IEC Guide 51, *Aspects liés à la sécurité – Principes directeurs pour les inclure dans les normes*

ISO 1052, *Aciers de construction mécanique d'usage général*

ISO 1182, *Essais de réaction au feu des produits de construction — Essai d'incombustibilité*

ISO 1716, *Essais de réaction au feu des produits de construction — Détermination de la chaleur de combustion*

ISO 6508-1, *Matériaux métalliques – Essais de dureté Rockwell – Partie 1 : Méthodes d'essais (Echelles A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T)*

IEC 60364-4-41, *Electrical installations of buildings – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60439-1, *Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 1: Type-tested and partially type-tested assemblies*

IEC 60466, *AC insulation-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 38 kV*

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

IEC 60664-1, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60694, *Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards*

IEC 60721-1, *Classification of environmental conditions – Part 1: Environmental parameters and their severities*

IEC 60721-2-2, *Classification of environmental conditions – Part 2-2: Environmental conditions appearing in nature – Precipitation and wind*

IEC 60721-2-4, *Classification of environmental conditions – Part 2-4: Environmental conditions appearing in nature – Solar radiation and temperature*

IEC 60815, *Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions*

IEC 60905, *Loading guide for dry-type power transformers*

IEC 61166, *High-voltage alternating current circuit-breakers – Guide for seismic qualification of high-voltage alternating current circuit-breakers*

IEC 61180-1, *High-voltage test techniques for low-voltage equipment – Part 1: Definitions, test and procedure requirements*

IEC 61936-1, *Power installations exceeding 1 kV – Part 1: Common rules*

IEC 62262, *Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code)*

IEC 62271-200, *High-voltage switchgear and controlgear – AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV*

ISO/IEC Guide 51, *Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards*

ISO 1052, *Steels for general engineering purposes*

ISO 1182, *Reaction to fire tests for building products – Non-combustibility tests*

ISO 1716, *Reaction to fire tests for building products – Determination of the heat of combustion*

ISO 6508-1, *Metallic materials – Rockwell hardness test – Part 1: Test methods (scales A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T)*

### 1.3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent. Pour les définitions des termes généraux utilisés dans ce document, il est fait référence à la CEI 60050-441.

#### 1.3.1

##### **poste préfabriqué**

ensemble préfabriqué et ayant subi les essais de type comprenant une enveloppe incluant les matériels (fonctions) décrits en 1.1

#### 1.3.2

##### **unité de transport**

partie d'un poste préfabriqué pouvant être expédiée sans démontage

#### 1.3.3

##### **enveloppe**

partie d'un poste préfabriqué assurant une protection du poste contre les influences externes et un degré spécifié de protection contre la proximité ou le contact direct avec des pièces sous tension et contre le contact avec des pièces en mouvement

#### 1.3.4

##### **compartiment**

partie d'un poste préfabriqué fermée, à l'exception des orifices nécessaires à l'interconnexion, aux commandes ou à la ventilation

NOTE Il est admis de désigner un compartiment par le matériel principal qu'il contient, par exemple, transformateur, appareillage haute tension, appareillage basse tension respectivement.

#### 1.3.5

##### **matériel**

partie essentielle d'un poste préfabriqué qui remplit une ou plusieurs fonctions spécifiques (par exemple transformateur, appareillage haute tension, appareillage basse tension, etc.)

#### 1.3.6

##### **cloison**

partie d'un poste préfabriqué séparant un compartiment des autres compartiments

#### 1.3.7

##### **circuit principal**

ensemble des pièces conductrices d'un poste préfabriqué inséré dans un circuit qui est destiné à transmettre de l'énergie électrique

#### 1.3.8

##### **circuit auxiliaire**

ensemble des pièces conductrices d'un poste préfabriqué inséré dans un circuit (autre que le circuit principal) destiné à commander, mesurer, signaler, réguler, éclairer, etc.

#### 1.3.9

##### **valeur assignée**

valeur d'une grandeur fixée, généralement par le constructeur, pour une condition de fonctionnement spécifiée d'un poste préfabriqué

[VEI 151-04-03, modifiée]

### 1.3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply. For the definitions of general terms used in this document, reference is made to IEC 60050-441.

#### 1.3.1

##### **prefabricated substation**

prefabricated and type-tested assembly comprising an enclosure containing components (functions) described in 1.1

#### 1.3.2

##### **transport unit**

part of a prefabricated substation suitable for shipment without being dismantled

#### 1.3.3

##### **enclosure**

part of a prefabricated substation providing protection against external influences to the substation and a specified degree of protection for operators and the general public with respect to approach to, or contact with, live parts and against contact with moving parts

#### 1.3.4

##### **compartment**

part of a prefabricated substation enclosed except for openings necessary for interconnection, control or ventilation

NOTE A compartment may be designated by the main component contained therein, for example, transformer, high-voltage switchgear and controlgear, low-voltage switchgear and controlgear respectively.

#### 1.3.5

##### **component**

essential part of the prefabricated substation, which serves one or several specific functions (for example, transformer, high-voltage switchgear and controlgear, low-voltage switchgear and controlgear, etc.)

#### 1.3.6

##### **partition**

part of a prefabricated substation separating one compartment from other compartments

#### 1.3.7

##### **main circuit**

all conductive parts of a prefabricated substation included in a circuit intended to transmit electrical energy

#### 1.3.8

##### **auxiliary circuit**

all conductive parts of a prefabricated substation included in a circuit (other than the main circuit) intended to control, measure, signal, regulate, illuminate, etc.

#### 1.3.9

##### **rated value**

quantity value assigned, generally by the manufacturer, for a specified operating condition of a prefabricated substation

[IEV 151-04-03, modified]

### 1.3.10

#### **degré de protection**

niveau de protection assuré par une enveloppe contre l'accès aux pièces dangereuses, contre la pénétration de corps solides étrangers et/ou la pénétration de l'eau et vérifié par les méthodes d'essai normalisées

### 1.3.11

#### **température de l'air ambiant**

température, déterminée dans des conditions prescrites, de l'air extérieur à l'enveloppe du poste préfabriqué

### 1.3.12

#### **classe d'enveloppe**

différence entre l'échauffement du transformateur dans l'enveloppe et l'échauffement du même transformateur à l'extérieur de l'enveloppe, dans les conditions de service normales, telles que définies en 2.1. Les valeurs assignées du transformateur (puissance et pertes) correspondent aux valeurs assignées maximales du poste préfabriqué

### 1.3.13

#### **facteur de charge du transformateur**

valeur par unité de courant constant qui peut être tiré d'un transformateur à la tension assignée constante

### 1.3.14

#### **poste préfabriqué de classe arc interne**

poste préfabriqué pour lequel les critères exigés de protection des personnes en cas d'arc dû à un défaut interne sont atteints comme le prouvent les essais appropriés

#### 1.3.14.1

**classe de tenue à l'arc interne IAC-A** pour les postes assurant la protection des opérateurs pendant une exploitation normale de la partie HT du poste

#### 1.3.14.2

**classe de tenue à l'arc interne IAC-B** pour les postes assurant la protection du public aux alentours du poste, sur toutes ses faces

#### 1.3.14.3

**classe de tenue à l'arc interne IAC-AB** pour les postes assurant la protection des opérateurs et du public

### 1.3.15

#### **degré de protection contre les impacts mécaniques**

étendue (niveau) de la protection d'un matériel procurée par une enveloppe contre les impacts mécaniques nuisibles, et vérifiée par des méthodes d'essais normalisées

## **2 Conditions de service**

### **2.1 Conditions normales de service**

Sauf spécification contraire dans la présente norme, le poste préfabriqué est conçu pour être utilisé dans les conditions normales de service pour l'extérieur, conformément à la CEI 60694.

A l'intérieur de l'enveloppe, on peut supposer que les conditions normales de service pour l'intérieur prévalent conformément à la CEI 60694. Cependant la température ambiante à l'intérieur de l'enveloppe du poste préfabriqué sera différente de la température ambiante définie en 1.3.11.

**1.3.10****degree of protection**

extent of protection provided by an enclosure against access to hazardous parts, against ingress of solid foreign objects and/or against ingress of water and verified by standardized test methods

**1.3.11****ambient air temperature**

temperature, determined under prescribed conditions, of the air surrounding the enclosure of the prefabricated substation

**1.3.12****class of enclosure**

difference of temperature rise between the transformer in the enclosure and the same transformer outside the enclosure at normal service conditions as defined in 2.1. The transformer rated values (power and losses) correspond to the maximum rated values of the prefabricated substation

**1.3.13****transformer load factor**

per unit value of constant current that can be taken from the transformer at constant rated voltage

**1.3.14****internal arc classified prefabricated substations**

prefabricated substations for which prescribed criteria for protection of persons are met in the event of an internal arc as demonstrated by the appropriate tests

**1.3.14.1**

**internal arc classification IAC-A** for substations providing protection to the operators during normal operations at the HV side of the substation

**1.3.14.2**

**internal arc classification IAC-B** for substations providing protection to the general public in the vicinity of the substation on all its sides

**1.3.14.3**

**internal arc classification IAC-AB** for substations providing protection to both operators and the general public

**1.3.15****degree of protection against mechanical impacts**

extent (level) of protection of the equipment provided by an enclosure against harmful mechanical impacts and verified by standardized test methods

**2 Service conditions****2.1 Normal service conditions**

Unless otherwise specified in this standard, the prefabricated substation is designed to be used under normal outdoor service conditions according to IEC 60694.

Inside the enclosure it is assumed that normal indoor conditions prevail according to IEC 60694. However, the ambient temperature inside the enclosure of the prefabricated substation will be different from the ambient temperature as defined in 1.3.11.

Si la température ambiante à l'intérieur du poste est supérieure à celle fixée pour les composants par leur normes de produits respectives, un déclassement peut être nécessaire, et les conditions d'essais peuvent être examinées selon les exigences de la CEI 60060-1.

### **2.1.1 Appareillage haute tension**

La CEI 60694 est applicable.

### **2.1.2 Appareillage basse tension**

La CEI 60439-1 est applicable.

### **2.1.3 Transformateur**

Un transformateur chargé à son courant assigné en service continu, à l'intérieur d'une enveloppe a un échauffement qui est supérieur à l'échauffement en environnement ouvert, et les limites de température définies dans la CEI 60076-2 ou la CEI 60076-11 peuvent être dépassées.

Les conditions de service du transformateur seront déterminées selon les conditions locales de service pour l'extérieur et selon la classe de l'enveloppe (voir 4.10.2).

Cela permettra au constructeur ou à l'utilisateur du transformateur de calculer le déclassement possible (Annexe D).

## **2.2 Conditions spéciales de service**

Lorsqu'un poste préfabriqué est utilisé dans des conditions autres que les conditions normales de service décrites en 2.1, se référer à ce qui suit.

### **2.2.1 Altitude**

Il convient de prêter une attention particulière aux matériels suivants.

#### **2.2.1.1 Appareillage haute tension**

Pour installation à une altitude supérieure à 1 000 m, se reporter à la CEI 60694.

#### **2.2.1.2 Appareillage basse tension**

Pour installation à une altitude supérieure à 2 000 m, se reporter à la CEI 60439-1.

#### **2.2.1.3 Transformateur**

Pour installation à une altitude supérieure à 1 000 m, se reporter à la CEI 60076-2 ou à la CEI 60076-11.

### **2.2.2 Pollution**

Dans le cas où une isolation exposée existe à l'intérieur de l'enveloppe, il convient de sélectionner un degré de contamination en considérant qu'une atmosphère salée ou qu'une pollution industrielle, introduite par les ventilations de l'enveloppe, ne soit pas nettoyée par la pluie. Le degré de contamination à l'intérieur de l'enveloppe, dans de telles circonstances, peut être plus défavorable que celui existant à l'extérieur de l'enveloppe.

If the ambient temperature inside the substation is higher than the limits fixed for the components in their respective product standards, de-rating may be necessary, and testing conditions may be considered following the prescriptions of IEC 60060-1.

### **2.1.1 High-voltage switchgear and controlgear**

IEC 60694 is applicable.

### **2.1.2 Low-voltage switchgear and controlgear**

IEC 60439-1 is applicable.

### **2.1.3 Transformer**

A transformer loaded with rated normal current inside an enclosure has a temperature rise, which is higher than in open-field conditions and the temperature limits as defined in IEC 60076-2 or IEC 60076-11 can be exceeded.

The service conditions of the transformer will be determined according to the local outside service conditions and the class of the enclosure (see 4.10.2).

This will enable the transformer manufacturer or user to calculate its possible derating (see Annex D).

## **2.2 Special service conditions**

When a prefabricated substation is used under conditions different from the normal service conditions given in 2.1, the following applies.

### **2.2.1 Altitude**

Precaution should be taken for the following equipment.

#### **2.2.1.1 High-voltage switchgear and controlgear**

For installation at an altitude higher than 1 000 m, refer to IEC 60694.

#### **2.2.1.2 Low-voltage switchgear and controlgear**

For installation at an altitude higher than 2 000 m, refer to IEC 60439-1.

#### **2.2.1.3 Transformer**

For installation at an altitude higher than 1 000 m, refer to IEC 60076-2 or IEC 60076-11.

### **2.2.2 Pollution**

In the case where there is exposed insulation inside the enclosure, the degree of pollution should be selected having consideration that airborne salt or industrial pollution introduced via the enclosure ventilation will not be washed off by rain. The degree of pollution inside the enclosure in such circumstances may be more onerous than existing outside the enclosure.

Pour les postes de transformation prévus pour être installés dans des environnements contaminés de niveaux III ou IV selon la CEI 60815, il convient que l'isolation exposée, s'il y a lieu, soit conçue pour résister à ces niveaux de contamination. Sinon, il convient que des mesures soient prises pour empêcher l'augmentation de la contamination sur les faces exposées de l'isolation considérée.

Pour une installation dans une atmosphère polluée, il convient de préciser le degré de contamination conformément aux normes applicables aux matériels suivants.

#### **2.2.2.1 Appareillage haute tension**

Se reporter au 2.2 de la CEI 60694.

#### **2.2.2.2 Appareillage basse tension**

Se reporter à la CEI 60664-1 et à la CEI 60439-1.

#### **2.2.2.3 Transformateur**

La CEI 60076 et la CEI 60076-11 n'abordent pas la contamination dans les conditions spéciales de service.

#### **2.2.3 Température**

Pour un poste préfabriqué situé en un lieu où la température ambiante peut s'écarter de manière significative de la plage de conditions normales de service indiquée en 2.1, il est recommandé de spécifier les plages de températures suivantes:

–50 °C et +40 °C pour les climats très froids;

–5 °C et +50 °C pour les climats très chauds.

### **3 Exigences pour les composants**

Tous les matériels doivent satisfaire aux normes CEI applicables.

En particulier,

- les transformateurs selon la CEI 60076-1 ou la CEI 60076-11;
- l'appareillage haute tension selon la CEI 62271-200 ou la CEI 60466;
- l'appareillage basse tension selon la CEI 60947-1 et la CEI 60439-1.

### **4 Caractéristiques assignées**

Les caractéristiques assignées d'un poste préfabriqué sont les suivantes:

- a) tensions assignées ( $U_r$ );
- b) niveaux d'isolement assignés;
- c) fréquence assignée et nombre de phases ( $f_r$ );
- d) courants assignés en service continu pour les circuits principaux ( $I_r$ );
- e) courants de courte durée admissibles assignés ( $I_k$ ) pour les circuits principaux et les circuits de mise à la terre;
- f) valeurs de crête des courants admissibles assignés ( $I_p$ ), le cas échéant, pour les circuits principaux et les circuits de mise à la terre;

For substations that are intended to be installed in environments with pollution levels III or IV according to IEC 60815, the exposed insulation, if any, should be designed in order to withstand these pollution levels. Alternatively, measures should be taken in order to prevent the build-up of pollution on the exposed surfaces of the insulation.

For installation in polluted ambient air, the degree of pollution should be specified according to the relevant standards for the following equipment.

#### **2.2.2.1 High-voltage switchgear and controlgear**

Refer to 2.2 of IEC 60694.

#### **2.2.2.2 Low-voltage switchgear and controlgear**

Refer to IEC 60664-1 and IEC 60439-1.

#### **2.2.2.3 Transformer**

IEC 60076 and IEC 60076-11 do not address pollution as a special service condition.

#### **2.2.3 Temperature**

For a prefabricated substation situated where the ambient temperature can be significantly outside the normal service condition range for the enclosure stated in 2.1, the preferred ranges of temperature to be specified should be

–50 °C and +40 °C for very cold climates.

–5 °C and +50 °C for very hot climates.

### **3 Requirements for components**

All the components shall comply with their relevant IEC standards.

In particular,

- transformers according to IEC 60076-1 or IEC 60076-11;
- high-voltage switchgear and controlgear according to IEC 62271-200 or IEC 60466;
- low-voltage switchgear and controlgear according to IEC 60947-1 and IEC 60439-1.

### **4 Ratings**

The ratings of a prefabricated substation are the following:

- a) rated voltages ( $U_r$ );
- b) rated insulation levels;
- c) rated frequency and number of phases ( $f_r$ );
- d) rated normal currents for main circuits ( $I_r$ );
- e) rated short-time withstand currents ( $I_k$ ) for main and earthing circuits;
- f) rated peak withstand currents ( $I_p$ ), if applicable, for main and earthing circuits;

- g) durée de court-circuit assigné ( $t_k$ ), pour les circuits principaux et les circuits de mise à la terre;
- h) tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande;
- i) fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires et de commande;
- j) puissance maximale assignée du poste préfabriqué;
- k) puissance assignée de chaque transformateur;
- l) pertes de chaque transformateur à la tension et au courant assignés;
- m) classe assignée d'enveloppe.

#### **4.1 Tensions assignées**

Se reporter à la CEI 60694 pour l'appareillage haute tension.

Se reporter à la CEI 60947-1 et à la CEI 60439-1 pour l'appareillage basse tension.

#### **4.2 Niveaux d'isolement assignés**

Pour l'appareillage haute tension, se reporter à la CEI 60694 et pour l'appareillage basse tension, se reporter à la CEI 60439-1 et à la CEI 60947-1.

La tension de tenue assignée minimale au choc de l'appareillage basse tension doit être au moins la valeur fournie pour la catégorie IV de surtension dans le Tableau 1 de la CEI 60664-1. Selon le réseau des différents pays, il peut être nécessaire de choisir un niveau d'isolement supérieur.

#### **4.3 Fréquence assignée et nombre de phases**

Pour l'appareillage haute tension, se reporter à la CEI 60694 et pour l'appareillage basse tension, se reporter à la CEI 60947-1 et la CEI 60439-1.

#### **4.4 Courants assignés en service continu et échauffement**

##### **4.4.1 Courants assignés en service continu**

Pour l'appareillage haute tension, se reporter à la CEI 60694 et pour l'appareillage basse tension, se reporter à la CEI 60439-1.

##### **4.4.2 Echauffement**

Pour toutes les parties accessibles de l'enveloppe du poste, la température maximale admissible ne doit pas excéder 70° C (voir Tableau 3, point 9, de la CEI 60694) excluant les effets des radiations solaires.

Pour l'appareillage haute tension, se reporter à la CEI 60694.

Pour l'appareillage basse tension, se reporter à la CEI 60439-1.

Les matériels d'un poste préfabriqué qui font l'objet de spécifications séparées non couvertes par le domaine d'application de la CEI 60694 et la CEI 60439-1, ne doivent pas dépasser les limites de température et d'échauffement prescrites dans la norme applicable à chacun de ces matériels.

- g) rated duration of short circuit ( $t_k$ ) for main and earthing circuits;
- h) rated supply voltage of closing and opening devices and auxiliary and control circuits;
- i) rated supply frequency of closing and opening devices and auxiliary and control circuits,
- j) rated maximum power of the prefabricated substation;
- k) rated power of each transformer;
- l) transformer losses at rated voltage and rated current;
- m) rated class of enclosure.

#### **4.1 Rated voltages**

Refer to IEC 60694 for high-voltage switchgear and controlgear.

Refer to IEC 60947-1 and IEC 60439-1 for low-voltage switchgear and controlgear.

#### **4.2 Rated insulation levels**

For high-voltage switchgear and controlgear, refer to IEC 60694 and for low-voltage switchgear and controlgear refer to IEC 60439-1 and IEC 60947-1.

The minimum rated lightning impulse voltage withstand of the low-voltage switchgear and controlgear shall be at least the value given for overvoltage category IV in Table 1 of IEC 60664-1. Depending on the network in different countries, it may be necessary to choose a higher insulation level.

#### **4.3 Rated frequency and number of phases**

For high-voltage switchgear and controlgear, refer to IEC 60694, and for low-voltage switchgear and controlgear, refer to IEC 60947-1 and IEC 60439-1.

#### **4.4 Rated normal currents and temperature rise**

##### **4.4.1 Rated normal currents**

For high-voltage switchgear and controlgear, refer to IEC 60694 and for low-voltage switchgear and controlgear, refer to IEC 60439-1.

##### **4.4.2 Temperature rise**

For any accessible part of the enclosure of the substation the maximum permissible temperature shall not exceed 70 °C (see Table 3, point 9, of IEC 60694) excluding solar radiation effects.

For high-voltage switchgear and controlgear, refer to IEC 60694.

For low-voltage switchgear and controlgear, refer to IEC 60439-1.

Components in a prefabricated substation which are subject to individual specifications not covered by the scope of IEC 60694 and IEC 60439-1 shall not exceed the maximum permissible temperatures and temperature-rise limits stated in the relevant standard for each component.

Les échauffements admissibles maximaux à prendre en compte pour les interconnexions HT et BT sont ceux spécifiés dans la CEI 60694 et la CEI 60439-1 pour les contacts, raccords et pièces métalliques en contact avec un isolant selon le cas. Pour le transformateur, on doit prendre en compte un facteur de charge pour satisfaire à l'Article 2 de la présente norme. Se reporter à l'Annexe D et également à la CEI 60354 et à la CEI 60905.

#### **4.5 Courants de courte durée admissibles assignés**

Se reporter à la CEI 60694 pour l'appareillage haute tension, à la CEI 60439-1 pour l'appareillage basse tension.

Un courant de courte durée admissible doit être assigné au circuit de mise à la terre. Cette valeur peut différer de celle du circuit principal.

#### **4.6 Valeurs de crête des courants admissibles assignés**

Se reporter à la CEI 60694 pour l'appareillage haute tension, à la CEI 60439-1 pour l'appareillage basse tension.

Une valeur de crête du courant admissible doit être assigné au circuit de mise à la terre. Cette valeur peut différer de celle du circuit principal.

NOTE En principe, il convient que le courant de courte durée admissible assigné et la valeur de crête du courant admissible assigné d'un circuit principal n'excèdent pas les valeurs assignées correspondantes au plus faible matériel. Cependant pour chaque circuit ou compartiment, il est admis de tenir compte de l'action de tous les appareils qui limitent le courant de court-circuit, tels que fusibles limiteurs de courant, réactances, etc.

#### **4.7 Durée de court-circuit assigné**

Se reporter à la CEI 60694 pour l'appareillage haute tension, à la CEI 60439-1 pour l'appareillage basse tension, à la CEI 60076-5 et à la CEI 60076-11 pour les transformateurs de puissance.

Une durée de court-circuit admissible doit être assignée au circuit de mise à la terre. Cette valeur peut différer de celle du circuit principal.

#### **4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de manœuvre et des circuits auxiliaires**

Pour l'appareillage haute tension, se reporter à la CEI 60694; pour l'appareillage basse tension, se reporter à la CEI 60439-1.

#### **4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de manœuvre et des circuits auxiliaires**

Pour l'appareillage haute tension, se reporter à la CEI 60694; pour l'appareillage basse tension, se reporter à la CEI 60439-1.

#### **4.10 Puissance maximale et classe d'enveloppe assignées**

##### **4.10.1 Puissance maximale assignée d'un poste préfabriqué**

La puissance maximale assignée d'un poste préfabriqué est donnée par la puissance maximale assignée et les pertes totales assignées du ou des transformateurs (comme définies dans la CEI 60076-1 ou la CEI 60076-11) pour lesquelles le poste a été conçu.

The maximum permissible temperature rise for HV and LV interconnections are those specified in IEC 60694 and IEC 60439-1 as applicable for contacts, connections and metal parts in contact with insulation. For the transformer, the load factor will be taken into account to comply with Clause 2 of this standard. Refer to Annex D, and also to IEC 60354 and to IEC 60905.

#### **4.5 Rated short-time withstand currents**

Refer to IEC 60694 for high-voltage switchgear and controlgear and to IEC 60439-1 for low-voltage switchgear and controlgear.

A rated short-time withstand current shall also be assigned to the earthing circuit. This value may differ from that of the main circuit.

#### **4.6 Rated peak withstand currents**

Refer to IEC 60694 for high-voltage switchgear and controlgear and to IEC 60439-1 for low-voltage switchgear and controlgear.

A rated peak withstand current shall also be assigned to the earthing circuit. This value may differ from that of the main circuit.

NOTE In principle, the rated short-time withstand current and the rated peak withstand current of a main circuit should not exceed the corresponding rated values of the weakest of its series connected components. However, for each circuit or compartment, advantage may be taken of devices limiting the short-circuit current, such as current-limiting fuses, reactors, etc.

#### **4.7 Rated duration of short circuit**

Refer to IEC 60694 for high-voltage switchgear and controlgear and to IEC 60439-1 for low-voltage switchgear and controlgear and IEC 60076-5 and IEC 60076-11 for transformers.

A rated duration of short circuit shall also be assigned to the earthing circuit. This value may differ from that of the main circuit.

#### **4.8 Rated supply voltage of closing and opening devices and auxiliary and control circuits**

For high-voltage switchgear and controlgear, refer to IEC 60694; for low-voltage switchgear and controlgear, refer to IEC 60439-1.

#### **4.9 Rated supply frequency of closing and opening devices and auxiliary and control circuits**

For high-voltage switchgear and controlgear, refer to IEC 60694; for low-voltage switchgear and controlgear, refer to IEC 60439-1.

#### **4.10 Rated maximum power and class of enclosure**

##### **4.10.1 Rated maximum power of the prefabricated substation**

The rated maximum power of the prefabricated substation is given by the maximum rated power and the total losses of the transformer(s) (as defined in IEC 60076-1 or IEC 60076-11) for which the substation has been designed.

#### 4.10.2 Classe d'enveloppe assignée

La classe d'enveloppe assignée est la classe d'enveloppe correspondant à la puissance assignée maximale du poste préfabriqué.

La classe d'enveloppe assignée est utilisée pour déterminer le facteur de charge du transformateur sans dépasser les limites de température prescrites dans la CEI 60076 ou la CEI 60076-11 et décrites à l'Annexe D.

Il y a six classes d'enveloppe assignées: les classes 5, 10, 15, 20, 25 et 30 correspondant à une valeur maximale de différence d'échauffement du transformateur de 5 K, 10 K, 15 K, 20 K, 25 K et 30 K respectivement (voir Figures 1 et 2).

NOTE Le constructeur peut assigner à une même enveloppe plusieurs classes correspondant à différentes valeurs de puissance et de pertes du transformateur. Il convient que ces classes supplémentaires soient confirmées par des essais conformément à 6.3 (voir aussi 8.2).

### 5 Conception et construction

Les postes préfabriqués doivent être conçus de telle façon que les opérations normales d'exploitation, de contrôle et de maintenance puissent être effectuées en toute sécurité. De plus le poste doit être conçu et fabriqué de sorte que le risque de tout accès non autorisé soit minimisé. Une attention particulière doit être portée aux paumelles, ouvrants, systèmes de fermeture, etc.

#### 5.1 Mise à la terre

Il doit être prévu un système conducteur principal pour relier à la terre toutes les parties métalliques du poste préfabriqué, n'appartenant pas au circuit principal et/ou aux circuits secondaires/auxiliaires des équipements. Il consiste en un conducteur principal de mise à la terre sur lequel chaque composant est connecté par un circuit unique.

Si le châssis de l'enveloppe ou le ferrailage du béton, est réalisé en métal riveté ou soudé, il peut servir comme conducteur principal de l'installation de mise à la terre.

L'Annexe E montre quelques exemples courants d'installations de mise à la terre.

Le conducteur principal de l'installation de mise à la terre doit être conçu pour supporter le courant de court-circuit et sa valeur de crête assignés selon la condition de mise à la terre du neutre de l'installation.

La densité du courant dans le conducteur de terre dans les conditions de défaut spécifiées, s'il est en cuivre, ne doit pas dépasser 200 A/mm<sup>2</sup> pour une durée de court-circuit assignée de 1 s et 125 A/mm<sup>2</sup> pour une durée de court-circuit assignée de 3 s. Cependant, la section de ce conducteur ne doit pas être inférieure à 30 mm<sup>2</sup>. Il doit être terminé par une borne appropriée destinée au raccordement à la prise de terre de l'installation. Si le conducteur de terre n'est pas en cuivre, il doit présenter des caractéristiques mécaniques et thermiques équivalentes.

La continuité de l'installation de mise à la terre doit être assurée, en tenant compte des sollicitations thermiques et mécaniques causées par le courant qu'il peut avoir à supporter.

NOTE Des procédures peuvent être rédigées par les utilisateurs pour contrôler l'intégrité de toutes les parties de l'installation de mise à la terre (interne et externe) soit périodiquement ou après l'écoulement d'un courant de court-circuit au travers de l'installation de mise à la terre.

Les matériels suivants doivent être reliés au circuit de mise à la terre:

- l'enveloppe du poste préfabriqué si elle est métallique;

#### 4.10.2 Rated class of enclosure

The rated class of the enclosure is the class of the enclosure corresponding to the rated maximum power of the prefabricated substation.

The rated class of the enclosure is used to determine the load factor of the transformer without exceeding the temperature limits given in IEC 60076 or IEC 60076-11 and described in Annex D.

There are six rated classes of enclosure: classes 5, 10, 15, 20, 25 and 30 corresponding to a maximum value of difference of the temperature rise of the transformer of 5 K, 10 K, 15 K, 20 K, 25 K and 30 K, respectively (see Figures 1 and 2).

NOTE The manufacturer may assign to an enclosure several classes corresponding to different values of power and losses of the transformer. These additional classes should be confirmed by test according to 6.3 (see also 8.2)

### 5 Design and construction

Prefabricated substations shall be designed so that normal service, inspection and maintenance can be carried out safely. Additionally, the substation shall be designed and constructed in such a manner that the risk of unauthorized access is minimized. Attention shall be paid to hinges, vent covers, locking mechanisms, etc.

#### 5.1 Earthing

A main earthing conductor system shall be provided to connect to the earth all metallic parts of the prefabricated substation not belonging to the main and/or secondary/auxiliary circuits of the equipment. It consists in a main earthing conductor on which each component is connected through a single circuit.

If the framework of the enclosure, or the reinforcement of the concrete, is made of metallic bolted or welded material, it may serve as the main earthing conductor system.

Annex E shows some typical examples of earthing systems.

The main earthing conductor system shall be designed to withstand the rated short-time and peak withstand current under the neutral earthing condition of the system.

The current density in the earthing conductor under the specified fault conditions, if of copper, shall not exceed  $200 \text{ A/mm}^2$  for a rated duration of short circuit of 1 s and  $125 \text{ A/mm}^2$  for a rated short-circuit duration of 3 s. However, its cross-section of area shall be not less than  $30 \text{ mm}^2$ . It shall be terminated by an adequate terminal intended for connection to the earth system of the installation. If the earthing conductor is not made of copper, equivalent thermal and mechanical requirements shall be met.

The continuity of the earth system shall be ensured, taking into account the thermal and mechanical stresses caused by the current it may have to carry.

NOTE The users may establish procedures to check the integrity of all parts of the earthing system (internal and external) either periodically or after a short-circuit current has flown into the earthing system.

Components to be connected to the earthing circuit shall include

- the enclosure of the prefabricated substation if it is metallic;

- l'enveloppe de l'appareillage haute tension, si elle est métallique, à partir de la borne prévue à cet effet;
- les écrans métalliques et les conducteurs de terre des câbles haute tension;
- la cuve du transformateur ou le châssis métallique des transformateurs secs;
- le châssis et/ou l'enveloppe, si elle est métallique, de l'appareillage basse tension;
- la connexion de mise à la terre des commandes automatiques et des dispositifs de télécommande.

Si l'enveloppe du poste préfabriqué est métallique, les capots, les portes et les autres parties métalliques accessibles de l'enveloppe doivent être conçus pour conduire un courant continu de 30 A jusqu'au point de raccordement sur le circuit principal de mise à la terre, avec une chute de tension maximale de 3 V. Des mesures appropriées de mise à la terre autour du poste préfabriqué doivent être prévues pour éviter les tensions dangereuses de toucher et de pas.

Si l'enveloppe du poste préfabriqué n'est pas métallique, il n'est pas nécessaire de raccorder les capots, les portes, et les autres parties métalliques accessibles de l'enveloppe, au circuit de mise à la terre, à moins qu'il y ait un risque que les parties actives rentrent en contact avec ces mêmes parties métalliques.

## 5.2 Equipements auxiliaires

Pour l'installation basse tension à l'intérieur du poste préfabriqué (par exemple éclairage, alimentation auxiliaire, etc.) se reporter à la CEI 60364-4-41 ou à la CEI 60439-1 selon le cas.

## 5.3 Plaque signalétique

Chaque poste préfabriqué doit être muni d'une plaque signalétique durable et clairement lisible qui doit contenir au moins les renseignements suivants:

- le nom du constructeur ou la marque;
- la désignation du type;
- la désignation de la classification IAC, le cas échéant;
- le numéro de série;
- le numéro de la présente norme;
- l'année de fabrication.

## 5.4 Degré de protection et défaut interne

### 5.4.1 Degré de protection

La protection des personnes contre l'accès aux parties dangereuses et la protection des équipements contre la pénétration de corps solides étrangers et contre la pénétration de l'eau sont nécessaires.

Le degré de protection minimal des enveloppes du poste préfabriqué doit être le degré IP23D, conformément à la CEI 60529. Il est admis de prescrire un degré de protection supérieur conformément à la CEI 60529.

Pour les postes compartimentés, les degrés de protection peuvent être définis pour chaque partie de l'enveloppe correspondant à chaque compartiment.

NOTE Le degré de protection des postes préfabriqués peut être réduit quand les portes du poste/compartiment sont ouvertes (par exemple pour l'exploitation, l'inspection, etc.). D'autres précautions peuvent être nécessaires pour la protection des personnes contre une approche des parties dangereuses, satisfaisant pleinement les règles de sécurité de 8.1 de la CEI 61936-1.

- the enclosure, if metallic, of the high-voltage switchgear and controlgear from the terminal provided for that purpose;
- the metal shields and the earthing conductors of the high-voltage cables;
- the transformer tank or metal frame of dry-type transformers;
- the frame and/or enclosure, if metallic, of the low-voltage switchgear and controlgear;
- the earthing connection of automatic controls and remote-control devices.

If the enclosure of the prefabricated substation is metallic, covers, doors and other accessible metallic parts of this enclosure shall be designed to carry 30 A (d.c.) from themselves to the prefabricated substation main earthing point, with a voltage drop of maximum 3 V. Adequate earthing measures around the prefabricated substation shall be provided to prevent dangerous touch and step voltages.

If the enclosure of the prefabricated substation is not metallic, it is not necessary to connect covers, doors and other accessible metallic parts of this enclosure to the earthing circuit unless there is a risk of live parts coming into contact with them.

## **5.2 Auxiliary equipment**

For the low-voltage installation inside the prefabricated substation (for example, illumination, auxiliary supply, etc.), refer to IEC 60364-4-41 or IEC 60439-1, as appropriate.

## **5.3 Nameplate**

Each prefabricated substation shall be provided with a durable and clearly legible nameplate, which shall contain at least the following information:

- manufacturer's name or trade mark;
- type designation;
- internal arc designation, where applicable;
- serial number;
- number of this standard;
- year of manufacture.

## **5.4 Degree of protection and internal fault**

### **5.4.1 Degree of protection**

The protection of persons against access to hazardous parts is necessary and protection of equipment against ingress of solid foreign objects and against ingress of water is necessary.

The minimum degree of protection of the enclosures of the prefabricated substation shall be IP23D in accordance with IEC 60529. A higher degree of protection may be specified in accordance with IEC 60529.

For compartmented substations, the degrees of protection may be defined for each part of the enclosure corresponding to each compartment.

NOTE The degree of protection of the prefabricated substation may be reduced when substation/compartment doors are open (for example, for operation, inspection, etc.). Other precautions may be necessary for the protection of persons against approach to hazardous parts, fulfilling the safety measures of 8.1 of IEC 61936-1.

### 5.4.2 Protection du poste préfabriqué contre les contraintes mécaniques

L'enveloppe d'un poste préfabriqué doit avoir une résistance mécanique suffisante et doit supporter les charges et les impacts suivants:

a) charge sur le toit:

- au minimum 2 500 N/m<sup>2</sup> (charges de montage ou autres charges)

Si le poste préfabriqué est installé en un lieu où une sollicitation plus importante peut être prévue (par exemple un poste enterré situé dans une aire de trafic de véhicules, des charges de neige, etc.), cela doit être pris en considération, lorsque c'est le cas, selon la réglementation nationale ou locale en vigueur ou la spécification client.

- charges de neige selon les conditions climatiques locales;

b) pression du vent sur l'enveloppe:

- pression du vent conformément à 2.1.2 de la CEI 60694;

c) impacts mécaniques externes sur les capots, les portes et les ouvertures de ventilation:

- impacts mécaniques externes d'une énergie de 20 J correspondant au degré de protection IK10.

Les impacts mécaniques accidentels au-delà de cette valeur (par exemple du fait d'accidents de la circulation) ne sont pas couverts par la présente norme et il convient de les éviter si nécessaire par d'autres moyens de protection autour et à l'extérieur du poste préfabriqué.

### 5.4.3 Protection de l'environnement contre les conséquences des défauts internes

Dans le cas de défauts internes laissant s'échapper des liquides dangereux d'un équipement (exemple: huile de transformateur ou d'appareillage) des mesures doivent être prises pour conserver ces liquides, empêchant le sol d'être pollué.

Si un ou plusieurs réservoirs font partie de l'enveloppe, leur contenance doit être au moins

- pour chaque réservoir individuel: le volume total pour chaque composant contenant un liquide dangereux (par exemple le transformateur, l'appareillage, etc.);
- pour un réservoir commun: la totalité du plus important volume contenant un liquide dangereux (par exemple le transformateur, l'appareillage, etc.).

### 5.4.4 Défaut interne

Un poste préfabriqué qui satisfait aux exigences de cette norme est conçu, en principe, pour éviter les défauts internes.

Pour parvenir à cet objectif le constructeur du poste préfabriqué doit assurer une fabrication correcte, vérifiée par les essais de routine réalisés conformément à l'Article 7. A son tour l'utilisateur doit faire un choix convenable, selon les caractéristiques du réseau, les procédures d'exploitation et les conditions de service (voir Article 8).

La probabilité qu'un arc interne se produise pendant toute la durée de vie est minime, si le poste est installé, exploité et maintenu suivant les instructions fournies par le constructeur, cependant cela ne peut être complètement négligé.

Un défaut à l'intérieur de l'enveloppe du poste préfabriqué dû soit à des défauts, soit à des conditions de service exceptionnelles ou soit à une fausse manœuvre, peut générer un arc interne, qui représente un risque si des personnes sont présentes. Les défauts peuvent se produire dans n'importe quelle partie du poste. Toutefois, comme aucune procédure d'essai de défaut interne pour les appareillages BT et les transformateurs n'est décrite dans leurs normes respectives, seuls les défauts se produisant à l'intérieur d'une enveloppe d'appareillage HT et aux interconnexions HT sont pris en considération dans cette norme (voir 6.8).

#### 5.4.2 Protection of the prefabricated substation against mechanical stress

The enclosure of a prefabricated substation shall have sufficient mechanical strength and shall withstand the following loads and impacts:

a) roof load:

- minimum 2 500 N/m<sup>2</sup> (erection loads or other loads);

If the prefabricated substation is installed in places where higher stress can be expected (for example, underground substation placed in vehicle traffic areas, snow loads, etc.), this shall be taken into account and, where applicable, follow national or local regulations in force, or specification of the user.

- snow loads according to the local climatic conditions;

b) wind loads on the enclosure:

- wind loads according to 2.1.2 of IEC 60694;

c) external mechanical impacts on covers, doors and ventilation openings:

- external mechanical impacts with an energy of 20 J corresponding to a degree of protection IK10.

Accidental mechanical impacts above this value (for example, traffic collisions) are not covered by this standard and should be prevented, if necessary, by other means provided external to and around the prefabricated substation.

#### 5.4.3 Protection of the environment due to internal defects

In the case of internal defects leading to hazardous liquids escaping from the equipment (example: oil of a transformer, oil of switchgear), provision shall be taken to retain hazardous liquids preventing the soil to be polluted.

If one or several retention tanks are part of the enclosure, their capacity shall be at least

- for each individual tank: the total hazardous liquid volume of the corresponding hazardous liquid containing part (for example, transformer, switchgear, etc.);
- for a common tank: the total hazardous liquid volume of the biggest hazardous liquid containing part (for example, transformer, switchgear, etc.).

#### 5.4.4 Internal fault

A prefabricated substation that satisfies the requirements of this standard is designed, in principle, to prevent the occurrence of internal faults.

To achieve this objective the manufacturer of the prefabricated substation shall assure the correct manufacture, verifying it by carrying out routine tests according to Clause 7. In turn, the user shall make a proper selection, according to the characteristics of the network, operating procedures and service conditions (refer to Clause 8).

There should be little probability that an internal arc occurs during the entire service life, if the substation is installed, operated and maintained following the instructions provided by the manufacturer; however, this cannot be completely disregarded.

Failure within the enclosure of a prefabricated substation due either to a defect or an exceptional service condition or mal-operation may initiate an internal arc, which constitutes a hazard, if persons are present. Failures can occur in any part of the substation. However, as no internal arc testing procedure for LV switchgear and transformers are described in their respective relevant standards, only faults occurring within the enclosure of the enclosed HV switchgear and controlgear and in the HV interconnections are taken into consideration in this standard (see 6.8).

Pour les dispositions de poste sans appareillage HT, se reporter à l'Article A.3.

Pour prendre en considération ce risque, une distinction doit être faite entre les opérateurs et le public. L'opérateur peut se situer à l'intérieur du poste (s'il est exploité de l'intérieur) ou devant lui (s'il est exploité de l'extérieur). Cependant le public peut être autour à n'importe quel moment. Le public ne sera jamais à l'intérieur du poste ou à proximité des faces d'exploitation quand les manœuvres sont en train d'être réalisées avec les portes ouvertes (s'il est exploité de l'extérieur). Ces zones sont considérées à accessibilité limitée uniquement aux opérateurs.

La preuve de l'efficacité de la conception pour assurer la protection du public et/ou des opérateurs en cas d'arc dû à un défaut interne peut être nécessaire. Cette preuve doit être obtenue en soumettant le poste à des essais selon l'Annexe A. Les postes qui subissent avec succès les essais sont qualifiés Classe IAC-A ou IAC-B ou IAC-AB.

En cas d'arc dû à un défaut interne, des gaz présentant des caractéristiques toxiques peuvent être présents. Cependant cela n'est pas applicable à la sécurité des opérateurs car dans de tels cas l'évacuation de l'aire de manœuvre est obligatoire. Plus tard la ventilation du compartiment à aire de manœuvre est nécessaire avant de le réintégrer.

La dispersion rapide des gaz dans l'air sera liée à leur concentration devenant négligeable en très peu de temps, par conséquent n'affectant pas la sécurité du public.

## **5.5 Enveloppe**

### **5.5.1 Généralités**

L'enveloppe doit remplir les conditions suivantes.

- Le degré de protection doit satisfaire à 5.4.
- Les parties de l'enveloppe qui sont en matériaux non conducteurs doivent satisfaire à des exigences diélectriques spéciales. Les essais afin de s'assurer de la conformité sont décrits en 6.2.1.3.3.
- Toutes les mesures nécessaires doivent être prises pour éviter toute déformation qui pourrait résulter du transport ou de la manutention effectuée conformément aux instructions du constructeur.
- Les moyens doivent être fournis pour garantir l'accès en toute sécurité pour les opérations concernant le changeur de prises du transformateur ou le contrôle, par exemple par l'ouverture d'une porte ou, si nécessaire, par dépose d'un capot.
- Le refroidissement d'un poste préfabriqué doit se faire par ventilation naturelle.

NOTE Il convient qu'un poste préfabriqué employant d'autres moyens de refroidissement (par exemple refroidissement forcé) fasse l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

- Il est acceptable qu'une partie d'enveloppe d'un matériel devienne une partie de l'enveloppe du poste. Dans un tel cas cette partie doit être conforme aux exigences applicables de cette norme et de la norme respective du matériel.

### **5.5.2 Tenue au feu**

Les matériaux utilisés pour la construction de l'enveloppe du poste préfabriqué doivent avoir le niveau minimal suivant de tenue à un feu se produisant à l'intérieur ou à l'extérieur du poste préfabriqué.

Les matériaux doivent être soit non inflammables soit, s'il s'agit de matériaux synthétiques, conformes à 5.5.2.2.

For substation arrangements without HV switchgear, see Clause A.3.

To consider this hazard, distinction must be made between operators and general public. The operator can be inside the substation (if operated from inside) or in front of it (if operated from outside). However, the general public may be around the substation at any time. The general public will never be inside the substation or in close proximity to the operating side when operations are being performed with the doors open (if operated from outside). These areas are considered to be of restricted access only for operators.

Evidence of the effectiveness of the design at providing protection to general public and/or to operators in case of an internal fault may be required. This evidence shall be obtained by testing the substation according to Annex A. Substations that have been successfully tested qualify as class IAC-A or IAC-B or IAC-AB.

In the event of an internal arc, some gases with toxic characteristics may be present. However, it is not relevant to the safety of the operator because in such situation evacuation of the switching room is mandatory. Later on, ventilation of the room is necessary before re-entering.

The fast dispersal of any gases in the open air will result in their concentration being negligible in a very short time, thus not affecting the safety of the general public.

## **5.5 Enclosure**

### **5.5.1 General**

The enclosure shall meet the following conditions:

- The degree of protection shall comply with 5.4.
- Parts of the enclosure made of non-conductive materials shall meet special dielectric requirements. Tests to verify compliance are described in 6.2.1.3.3.
- Measures shall be taken in order to avoid deformation, which could be caused by transport or handling when carried out according to the manufacturer's instructions.
- Means shall be provided to guarantee safe access to operations concerning transformer tap-changer or for inspection, for example, by opening a door or, if necessary, by removing a cover.
- Cooling of the prefabricated substation shall be by natural ventilation.

NOTE Prefabricated substations employing other means of cooling (for example, forced cooling) should be subject to an agreement between manufacturer and user.

- It is acceptable that part of the enclosure of a component becomes part of the substation enclosure. In such a case, this part shall comply with the applicable requirements of both this standard and the relevant product standard of the component.

### **5.5.2 Fire behaviour**

The materials used in the construction of the enclosure of the prefabricated substation shall have the following minimum level of behaviour against fire occurring inside or outside of the prefabricated substation.

The materials shall be either non-flammable or, if synthetic materials are used, they shall be in accordance with 5.5.2.2.

NOTE 1 Pour la tenue au feu, seule la réaction au feu a été prise en compte. Il est admis de tenir compte de la résistance au feu, selon les réglementations locales, sous réserve d'accord entre le constructeur et l'utilisateur.

NOTE 2 Les matériaux de revêtements additionnels à but esthétique ne répondant pas aux exigences de non-inflammabilité peuvent être utilisés. Ces matériaux ne feront pas partie de la structure de l'enveloppe du poste.

### 5.5.2.1 Matériaux conventionnels

Les matériaux énumérés ci-après conviennent pour les postes préfabriqués et sont considérés non inflammables:

- béton;
- métal (acier, aluminium, etc.);
- plâtre;
- fibre de verre ou laine de roche.

### 5.5.2.2 Matériaux synthétiques

Les matériaux synthétiques doivent être soumis à des essais conformément à l'ISO 1182 et à l'ISO 1716 respectant au minimum les valeurs du Tableau 1.

**Tableau 1 – Caractéristiques des matériaux synthétiques**

| Caractéristiques de performance               |            | Valeurs exigées  | Norme    |
|-----------------------------------------------|------------|------------------|----------|
| Pouvoir calorifique supérieur (PCS)           | [en MJ/kg] | $\leq 3,0$ MJ/kg | ISO 1716 |
| Augmentation de la température ( $\Delta T$ ) | [en °C]    | $\leq 50$ °C     | ISO 1182 |
| Perte de masse ( $\Delta m$ )                 | [en %]     | $\leq 50$ %      | ISO 1182 |
| Durée de flamme persistante ( $t_f$ )         | [en s]     | 20 s             | ISO 1182 |

### 5.5.2.3 Autres matériaux

Le constructeur doit démontrer la non-inflammabilité des matériaux utilisés qui doit être au moins équivalente à celle des matériaux visés par 5.5.2.2.

### 5.5.3 Corrosion

L'enveloppe du poste peut être réalisée avec différents matériaux (béton, métal, matériaux synthétiques, etc.). Il convient que les matériaux de l'enveloppe résistent aux détériorations dans les conditions environnementales (voir Article 2) durant la durée de vie estimée, lorsque que les recommandations de maintenance données par le constructeur ont été suivies.

Un revêtement ou un traitement de surface supplémentaire peut être utilisé.

Pour évaluer la performance de tels traitements les normes internationales appropriées peuvent être utilisées.

Les différentes parties de la CEI 60068 donnent des informations sur les procédures et la sévérité d'essais environnementaux.

Il convient que les caractéristiques des revêtements et des peintures des matériaux soient établies par le constructeur. Des informations supplémentaires sont données en Annexe F.

Si l'enveloppe fait partie du conducteur principal de l'installation de mise à la terre, des précautions doivent être prises pour empêcher la corrosion des éléments et des surfaces de contact participant au trajet d'écoulement du courant à la terre, pour maintenir la capacité de conduite du courant durant sa durée de vie estimée.

NOTE 1 In fire behaviour, only reaction to fire is considered. Fire resistance may be considered, according to local regulations, subject to agreement between manufacturer and user.

NOTE 2 For aesthetic reasons, additional cladding materials which may not comply with non-flammability tests could be used. These materials should not form any part of the structure of the enclosure of the substation.

### 5.5.2.1 Traditional materials

The materials listed below are suitable for prefabricated substations and considered as non-flammable:

- concrete;
- metal (steel, aluminium, etc.);
- plaster;
- glass fibre or rockwool.

### 5.5.2.2 Synthetic materials

Synthetic materials shall be tested according to ISO 1182 and ISO 1716 complying as a minimum with the values given in Table 1.

**Table 1 – Synthetic material characteristics**

| Performance characteristics  |            | Requested values | Standard |
|------------------------------|------------|------------------|----------|
| PCS gross heat of combustion | [in MJ/kg] | $\leq 3,0$ MJ/kg | ISO 1716 |
| Temperature rise ( $T$ )     | [in °C]    | $\leq 50$ °C     | ISO 1182 |
| Loss of mass ( $\Delta m$ )  | [in %]     | $\leq 50$ %      | ISO 1182 |
| Flaming time ( $t_f$ )       | [in s]     | 20 s             | ISO 1182 |

### 5.5.2.3 Other materials

The manufacturer shall prove the non-flammability of the materials used which shall be at least equivalent to 5.5.2.2.

### 5.5.3 Corrosion

The enclosure can be made of different materials (concrete, metal, synthetic materials, etc.). The materials of the enclosure should resist deterioration under the environmental conditions (see Clause 2) during its expected lifetime, provided that the maintenance recommendation given by the manufacturer is followed.

An additional coating or surface treatment can be used.

To assess the performance of such treatments appropriate relevant international standards may be used.

The IEC 60068 series gives information on environmental testing procedures and severity of tests.

Characteristics of materials coatings and painting should be stated by the manufacturer. Additional information is given in Annex F.

If the enclosure is part of the main earthing conductor system, precautions shall be taken to prevent corrosion of the elements and contact surfaces in the earthing current path, in order to maintain the current-carrying capacity during its expected service lifetime.

#### **5.5.3.1 Béton**

Le béton doit être protégé contre les effets de pénétration d'eau, de carbonatation, de gel, de chlorures et des attaques chimiques.

La peinture ou les enduits adaptés peuvent être utilisés. Il convient que l'adhérence, le vieillissement (chaleur humide) et la résistance à l'abrasion soient pris en considération.

#### **5.5.3.2 Métaux**

La protection contre la corrosion doit être assurée par l'utilisation de matériaux appropriés ou par l'application de revêtements de protection appropriés sur les surfaces exposées.

Les propriétés des revêtements ou des peintures sont l'adhérence, le vieillissement (chaleur humide) et la résistance à l'abrasion.

L'acier inoxydable et l'aluminium peuvent être utilisés sans protection.

#### **5.5.3.3 Matériaux synthétiques et composites**

Il convient de prendre en considération le vieillissement (chaleur sèche et chaleur humide) et les rayonnements ultraviolets. De plus, ces matériaux peuvent être protégés par des peintures et des revêtements adaptés.

#### **5.5.4 Capots et portes**

Les capots et les portes font partie de l'enveloppe. Lorsqu'ils sont fermés, ils doivent assurer le degré de protection prescrit pour l'enveloppe. Lorsque des ouvertures de ventilation sont incorporées aux capots ou aux portes, il est fait référence à 5.5.5.

Deux catégories de capots ou portes sont reconnues, en ce qui concerne l'accès aux compartiments du poste préfabrique.

- a) Ceux qu'il est nécessaire d'ouvrir à des fins normales d'exploitation (capots amovibles, portes). Leur ouverture ou leur dépose ne doit pas nécessiter d'outils. Ils doivent être munis de dispositifs de verrouillage à moins que la sécurité des personnes ne soit assurée par un dispositif d'interverrouillage approprié.
- b) Tous les autres capots, portes ou toits. Ils doivent être munis de dispositifs de verrouillage ou il ne doit pas être possible de les ouvrir ou de les enlever avant que les portes utilisées pour les manœuvres normales n'aient été ouvertes. Ils doivent nécessiter l'utilisation d'outils pour leur ouverture ou leur enlèvement.

Les portes doivent s'ouvrir vers l'extérieur, à un angle d'au moins 90° et doivent être équipées d'un dispositif permettant de les maintenir en position ouverte. Les postes préfabriqués situés sous le niveau du sol nécessitent une trappe d'accès assurant une sécurité suffisante pour le personnel ainsi que pour toute personne passant à proximité. Cette trappe doit pouvoir être manipulée par une seule personne.

Il doit être possible de sécuriser la trappe d'accès afin d'empêcher sa fermeture tant que des opérateurs sont à l'intérieur du poste ou opèrent sur des équipements à l'extérieur de celui-ci.

#### **5.5.5 Ouvertures de ventilation**

Les ouvertures de ventilation doivent être disposées ou protégées de manière à assurer le même degré de protection (code IP) et le même degré de protection contre les impacts mécaniques (code IK) que celui prescrit pour l'enveloppe.

De telles ouvertures peuvent être équipées de grillages ou de dispositifs analogues à condition que le degré de protection IK soit maintenu.

### 5.5.3.1 Concrete

Concrete shall be protected against the effects of water penetration, carbonation, frost, chloride diffusion and chemical attacks.

Painting or roughcast painting may be used as appropriate. The adherence, ageing (damp heat) and abrasion resistance should be considered.

### 5.5.3.2 Metals

Protection against corrosion shall be ensured by the use of suitable materials or by the application of suitable protective coatings to the exposed surfaces.

Properties of coating or painting are: adherence, ageing (damp heat) and abrasion resistance.

Stainless steel or aluminium may be used without protection.

### 5.5.3.3 Synthetic and composite materials

Ageing (dry heat and damp heat) and ultraviolet radiation should be considered. Additionally, these materials may be protected by appropriate painting or coating.

### 5.5.4 Covers and doors

Covers and doors are part of the enclosure. When they are closed, they shall provide the degree of protection specified for the enclosure. When ventilation openings are incorporated in covers or doors, reference is made to 5.5.5.

Two categories of covers or doors are recognized with regard to access to the compartments of the prefabricated substation.

- a) Those which need to be opened for normal operation (removable covers, doors). These shall not require tools for their opening or removal. They shall be provided with locking facilities unless the safety of persons is assured by a suitable interlocking device.
- b) All other covers, doors or roof. They shall be provided with locking facilities or it shall not be possible to open or remove them before doors used for normal operation have been opened. They shall require tools for their opening or removal.

The doors shall open outwards at an angle of at least 90° and be equipped with a device able to maintain them in an open position. Below ground-level prefabricated substations require an access hatch, providing adequate safety for personnel and the passer-by. It shall be possible for a single person to operate this hatch.

It shall be possible to secure the access hatch to prevent closure whilst operators are within the substation or working on the equipment from outside the substation.

### 5.5.5 Ventilation openings

Ventilation openings shall be so arranged or shielded that the same degree of protection (IP code) and the same degree of protection against mechanical impacts (IK code) as specified for the enclosure are maintained.

Such openings may make use of wire mesh or similar, provided that the IK level is maintained.

### **5.5.6 Cloisons**

Le degré de protection des cloisons, si elles existent, doit être spécifié conformément à la CEI 60529.

## **5.6 Autres dispositions**

### **5.6.1 Dispositions pour les essais diélectriques des câbles**

Il convient de prévoir des moyens d'accès aux boîtes à câbles haute tension et/ou sur les points d'essai des câbles de l'appareillage HT afin de réaliser les essais diélectriques sur les câbles.

### **5.6.2 Equipements auxiliaires**

Il convient de prévoir un espace suffisant pour les équipements auxiliaires, par exemple les dispositifs de mise à la terre, les leviers, etc.

### **5.6.3 Couloir de manœuvre**

La largeur d'un couloir de manœuvre de poste préfabriqué manœuvré de l'intérieur doit permettre d'effectuer toute manœuvre et toute opération de maintenance. La largeur de ce couloir doit être au moins de 800 mm. Les portes de l'appareillage à l'intérieur du poste préfabriqué doivent se fermer dans le sens de la sortie ou tourner de telle manière qu'elles ne réduisent pas la largeur du couloir. Les portes, retenues en position ouverte ou les dispositifs de manœuvre dépassant de l'appareillage ne doivent pas réduire la largeur du couloir à moins de 500 mm.

### **5.6.4 Etiquettes**

Les étiquettes d'avertissement, d'instructions du constructeur, etc. ainsi que celles destinées à satisfaire à des normes et réglementations locales doivent être durables et clairement lisibles.

## **5.7 Emission de bruit**

Il est admis, par accord entre le constructeur et l'utilisateur sur le niveau d'émission de bruit, d'effectuer un essai permettant d'évaluer l'effet de l'enveloppe sur le bruit émis par le transformateur. La méthode d'essai doit être conforme à l'Annexe B.

## **5.8 Compatibilité électromagnétique (CEM)**

Le paragraphe 5.18 de la CEI 60694 pour l'appareillage haute tension et 7.10 de la CEI 60439-1 pour l'appareillage basse tension sont applicables.

# **6 Essais de type**

## **6.1 Généralités**

Le paragraphe 6.1 de la CEI 60694 est applicable avec les compléments suivants:

En principe, les essais de type doivent être effectués sur une configuration représentative des matériels d'un poste préfabriqué complet. Les matériels contenus dans un poste préfabriqué doivent être soumis aux essais conformément aux normes applicables (se reporter à l'Article 3).

### **5.5.6 Partitions**

The degree of protection of partitions, if any, shall be specified according to IEC 60529.

## **5.6 Other provisions**

### **5.6.1 Provisions for dielectric tests on cables**

Safe means of access shall be provided to the high-voltage cable-boxes and/or cable test points of the HV switchgear and controlgear in order to perform dielectric tests on the cables.

### **5.6.2 Accessories**

Adequate space should be provided for keeping accessories, for example, earthing devices, operating handles, etc.

### **5.6.3 Operation aisle**

The width of an operation aisle inside a prefabricated substation shall be adequate for performing any operation or maintenance. The width of such an aisle shall be 800 mm or greater. Doors of switchgear and controlgear inside the prefabricated substation shall either close in the direction of the exit or rotate such that they shall not reduce the width of the aisle. Doors in any open fixed position or mechanical drives protruding from the switchgear and controlgear shall not reduce the width of the aisle to less than 500 mm.

### **5.6.4 Labels**

Labels for warning, manufacturers' instructions, etc., and those according to local standards and regulations shall be durable and clearly legible.

## **5.7 Sound emission**

By agreement between manufacturer and user on the sound emission level, a test to evaluate the effect of the enclosure on the transformer emitted sound may be performed. The method of testing shall be in accordance with Annex B.

## **5.8 Electromagnetic compatibility (EMC)**

Subclause 5.18 of IEC 60694 for high-voltage switchgear and controlgear and 7.10 of IEC 60439-1 for low-voltage switchgear and controlgear are applicable.

# **6 Type tests**

## **6.1 General**

Subclause 6.1 of IEC 60694 is applicable with the following addition.

In principle, the type tests shall be made on a representative configuration of the components of a complete prefabricated substation. Components contained in a prefabricated substation shall be tested according to the relevant standards (refer to Clause 3).

Du fait de la multiplicité des types, des caractéristiques assignées et des combinaisons possibles des matériels, on ne peut pas, en pratique, soumettre à des essais de type toutes les configurations envisageables d'un poste préfabriqué. La performance d'une configuration particulière peut être déduite des résultats d'essais obtenus avec des configurations comparables.

Des précautions doivent être prises afin qu'aucun des paramètres essayés du poste ne soit diminué.

Les essais de type et les vérifications comprennent ce qui suit:

| Essais de type obligatoires:                                                                                                                                                                | Paragraphe |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| a) essais de vérification du niveau d'isolement du poste préfabriqué                                                                                                                        | 6.2        |
| b) essais de vérification de l'échauffement des principaux matériels du poste préfabriqué                                                                                                   | 6.3        |
| c) essais de vérification de l'aptitude du circuit principal et des circuits de mise à la terre à supporter la valeur de crête du courant et le courant de courte durée admissible assignés | 6.4        |
| d) essais fonctionnels pour vérifier le fonctionnement satisfaisant de l'ensemble                                                                                                           | 6.5        |
| e) essais de vérification du degré de protection                                                                                                                                            | 6.6        |
| f) essais de vérification de la résistance de l'enveloppe du poste préfabriqué aux contraintes mécaniques                                                                                   | 6.7        |
| g) pour les postes préfabriqués de classe IAC-A, IAC-B ou IAC-AB, essais pour évaluer les effets d'un arc dû à un défaut interne                                                            | 6.8        |
| h) essais de compatibilité électromagnétique (CEM)                                                                                                                                          | 6.9        |
| Essais de type spéciaux (faisant l'objet d'un accord entre le constructeur et l'utilisateur):                                                                                               |            |
| i) essais de vérification du niveau sonore du poste préfabriqué                                                                                                                             | Annexe B   |

Les essais de type peuvent compromettre l'aptitude à l'emploi ultérieur en service de la partie essayée. Par conséquent, les spécimens soumis aux essais de type ne doivent pas être utilisés en service sans un accord entre le constructeur et l'utilisateur.

### 6.1.1 Groupements des essais

Le paragraphe 6.1.1 de la CEI 60694 est applicable avec les modifications suivantes.

Les essais de type obligatoires (à l'exception des points g) et h)) doivent être effectués sur quatre spécimens d'essais au maximum.

### 6.1.2 Information pour l'identification des spécimens d'essais

Le paragraphe 6.1.2 de la CEI 60694 est applicable.

## 6.2 Essais diélectriques

Etant donné que l'appareillage HT, le ou les transformateurs et l'appareillage BT d'un poste préfabriqué ont été soumis à des essais de type conformément aux normes applicables, les dispositions du présent paragraphe s'appliquent uniquement aux interconnexions entre les matériels lorsque les conditions d'installation peuvent affecter leur tenue diélectrique. Par conséquent, les équipements à soumettre aux essais diélectriques sont les suivants:

- l'interconnexion entre l'appareillage haute tension et le transformateur;
- l'interconnexion entre le transformateur et l'appareillage basse tension.

Because of the variety of types, ratings and possible combinations of components, it is not practical to make type tests with all the possible configurations of a prefabricated substation. The performance of any particular configuration may be substantiated by test data of comparable configurations.

Care shall be taken that none of the tested parameters of the substation are negatively affected.

The type tests and verifications comprise the following:

|                                                                                                                                                        |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Mandatory type tests: .....                                                                                                                            | Subclause |
| a) tests to verify the insulation level of the prefabricated substation .....                                                                          | 6.2       |
| b) tests to prove the temperature rise of the main components contained in a prefabricated substation .....                                            | 6.3       |
| c) tests to prove the capability of the main and earthing circuits to be subjected to the rated peak and the rated short-time withstand currents ..... | 6.4       |
| d) functional tests to prove satisfactory operation of the assembly .....                                                                              | 6.5       |
| e) tests to verify the degree of protection .....                                                                                                      | 6.6       |
| f) tests to verify the withstand of the enclosure of the prefabricated substation against mechanical stress .....                                      | 6.7       |
| g) for prefabricated substations class IAC-A, IAC-B or IAC-AB, tests to assess the effects of arcing due to an internal fault .....                    | 6.8       |
| h) EMC compatibility tests .....                                                                                                                       | 6.9       |
| Special type tests (subject to agreement between manufacturer and user):                                                                               |           |
| i) tests to verify the sound level of a prefabricated substation .....                                                                                 | Annex B   |

Type tests may impair the suitability of the tested parts for subsequent use in service. Therefore, specimens used for type test shall not be used in service without agreement between manufacturer and user.

### 6.1.1 Grouping of tests

Subclause 6.1.1 of IEC 60694 is applicable with the following modifications.

The mandatory type tests (not including items g) and h)) shall be carried out in a maximum of four specimens.

### 6.1.2 Information for identification of specimens

Subclause 6.1.2 of IEC 60694 is applicable.

## 6.2 Dielectric tests

Since the HV switchgear, transformer(s) and LV switchgear contained in a prefabricated substation have been type-tested according to the relevant standards, this subclause applies only to the interconnection between the components when the installation conditions can affect their dielectric withstand. Therefore, the equipment to be subjected to dielectric tests is as follows:

- the interconnection between the high-voltage switchgear and the transformer;
- the interconnection between the transformer and the low-voltage switchgear.

## **6.2.1 Essais de l'interconnexion haute tension**

### **6.2.1.1 Conditions générales**

Les essais diélectriques ne sont pas prescrits lorsque l'interconnexion haute tension est effectuée au moyen de câbles haute tension reliés par des connexions à écran relié à la terre, soumises à des essais de type, ou d'autres types d'extrémités qui ont été soumises à des essais de type à la fois du côté de l'appareillage haute tension et du côté du transformateur, dans les conditions d'installation du poste préfabriqué.

Dans tout autre cas, l'interconnexion doit être soumise aux essais diélectriques conformément à 6.2.1.2 à 6.2.1.5.

Il est admis d'effectuer les essais en remplaçant le transformateur par un élément reproduisant la configuration de champ des traversées du transformateur.

Pour les essais, l'interconnexion haute tension est reliée à la source d'essai par l'intermédiaire de l'appareillage haute tension. Seuls les appareils de connexion reliés en série dans le circuit d'alimentation sont fermés. Tous les autres appareils de connexions sont ouverts.

Les dispositifs de limitation de la tension doivent être débranchés pendant les essais diélectriques.

Les bornes secondaires des transformateurs de courant doivent être mises en court-circuit et raccordées à la terre. Les transformateurs de tension doivent être débranchés.

### **6.2.1.2 Conditions de l'air ambiant pendant les essais**

Se reporter à 6.2.1 de la CEI 60694.

### **6.2.1.3 Application de la tension d'essai**

#### **6.2.1.3.1 A l'interconnexion haute tension**

Les tensions d'essai doivent être appliquées en connectant successivement chaque conducteur de phase du circuit principal à la borne à haute tension de la source d'essai. Tous les autres conducteurs du circuit principal et les circuits auxiliaires doivent être reliés au conducteur de terre du châssis, et à la borne de terre de la source d'essai.

Lorsque des connexions haute tension sans écran relié à la terre sont utilisées, les matériaux non conducteurs doivent également résister aux tensions d'essais spécifiées en 6.2.1.5. Il convient d'appliquer les méthodes spécifiées dans la CEI 60243-1 aux essais pour répondre aux exigences correspondantes.

#### **6.2.1.3.2 Tension d'essai**

Se référer à 6.2.6 de la CEI 60694.

#### **6.2.1.3.3 Dans le cas d'une enveloppe non conductrice**

L'isolement entre les pièces actives de l'interconnexion sans écran relié à la terre entre l'appareillage haute tension et le transformateur et la surface accessible de l'enveloppe doit résister aux tensions d'essais spécifiées en 6.2.1.4 et 6.2.1.5.

Pour vérifier la conformité, les surfaces accessibles de l'enveloppe fabriquée en matériau isolant doivent être couvertes, sur une face accessible, avec une feuille métallique reliée à la terre, de surface circulaire ou carrée aussi grande que possible, mais n'excédant pas 100 cm<sup>2</sup>.

## **6.2.1 Tests on the high-voltage interconnection**

### **6.2.1.1 General conditions**

The dielectric tests are not required when the high-voltage interconnection is made of high-voltage cables connected by type-tested earth-shielded connectors or by other types of terminations which have been type-tested on both the high-voltage switchgear and the transformer sides in the installation conditions of the prefabricated substation.

In all other cases, the interconnection shall be subjected to dielectric tests according to 6.2.1.2 to 6.2.1.5.

The tests may be carried out with the transformer replaced by a replica reproducing the field configuration of the transformer bushings.

For the tests, the high-voltage connection is connected to the test supply through the high-voltage switchgear. Only the switching devices that are in series in the supply circuit are closed. All other switching devices are open.

Voltage-limiting devices shall be disconnected during dielectric tests.

Secondary terminals of current transformers shall be short-circuited and connected to earth. Voltage transformers shall be disconnected.

### **6.2.1.2 Ambient air conditions during tests**

Refer to 6.2.1 of IEC 60694.

### **6.2.1.3 Application of test voltage**

#### **6.2.1.3.1 On the high-voltage interconnections**

The test voltages shall be applied connecting each phase conductor of the main circuit in turn to the high-voltage terminal of the test supply. All other conductors of the main circuit and the auxiliary circuits shall be connected to the earthing conductor of the frame, and to the earth terminal of the test supply.

Where non-earth-shielded high-voltage connections are used, the non-conductive material shall likewise withstand the test voltages specified in 6.2.1.5. The methods specified in IEC 60243-1 should be applied to the tests to meet the relevant requirements.

#### **6.2.1.3.2 Test voltage**

Refer to 6.2.6 of IEC 60694.

#### **6.2.1.3.3 In the case of an enclosure of non-conductive material**

The insulation between non-earth-shielded live parts of the interconnections between the high-voltage switchgear and controlgear and the transformer and the accessible surface of the enclosure shall withstand the test voltages specified in 6.2.1.4 and 6.2.1.5.

In order to check compliance, accessible surfaces of the enclosure made from insulation materials shall be covered on the accessible side with a circular or square metal foil having an area as large as possible, but not exceeding 100 cm<sup>2</sup>, which shall be connected to earth.

La feuille doit être placée à l'endroit le plus défavorable pour l'essai. En cas de doute sur l'endroit le plus défavorable, l'essai doit être répété en plaçant la feuille à des endroits différents.

L'isolement entre les pièces actives de l'interconnexion sans écran relié à la terre entre l'appareillage haute tension et le transformateur et la surface intérieure des parties isolantes de l'enveloppe faisant face doit résister pendant 1 min à 150 % au moins de la valeur de tension assignée du poste préfabriqué.

Pour vérifier la conformité à ces exigences, les surfaces accessibles de l'enveloppe qui sont fabriquées en matériaux non conducteurs, entre les pièces actives de l'interconnexion sans écran relié à la terre de l'appareillage haute tension au transformateur et la surface intérieure des parties isolantes de l'enveloppe, doivent être soumises à une tension d'essai à fréquence industrielle égale à 150 % de la tension assignée, pendant 1 min, après avoir couvert la surface intérieure de partie isolante qui se trouve en face des pièces actives de l'interconnexion sans écran relié à la terre, au moyen d'une feuille métallique raccordée à la terre.

Il convient que les méthodes spécifiées dans la CEI 60243-1 soient appliquées aux essais pour répondre aux exigences correspondantes.

#### **6.2.1.4 Essais de tension de choc de foudre**

L'interconnexion haute tension doit être soumise à des essais de tension aux chocs de foudre conformément à la CEI 60694 avec le complément suivant:

Pendant les essais de tension aux chocs de foudre, la borne de terre du générateur de choc doit être connectée au conducteur de mise à la terre de l'enveloppe du poste préfabriqué.

#### **6.2.1.5 Essais de tenue à la tension à fréquence industrielle**

L'interconnexion haute tension doit être soumise à des essais de tenue à la tension à fréquence industrielle en environnement sec pendant 1 min, conformément à la CEI 60694 avec le complément suivant:

Pendant l'essai de tenue à la tension en fréquence industrielle, une borne du transformateur d'essai doit être raccordée à la terre et au conducteur de mise à la terre du poste préfabriqué.

### **6.2.2 Essais de l'interconnexion basse tension**

#### **6.2.2.1 Conditions générales**

Lorsque l'interconnexion basse tension est partiellement ou totalement couverte par une enveloppe non métallique, l'enveloppe doit être couverte avec une feuille métallique reliée à la terre, de surface circulaire ou carrée aussi grande que possible, mais n'excédant pas 100 cm<sup>2</sup>. La feuille doit être appliquée sur toutes les surfaces qui peuvent être touchées par un opérateur.

Pour les essais, l'interconnexion basse tension est reliée à la source d'essai par l'intermédiaire de l'appareillage basse tension. Seuls les appareils de connexion reliés en série au circuit d'alimentation sont fermés. Tous les autres appareils de connexion sont ouverts.

#### **6.2.2.2 Essais de tension aux chocs de foudre**

L'interconnexion basse tension doit être soumise à des essais de tension aux chocs de foudre. La tension d'essai est spécifiée dans le Tableau 5 de la CEI 60664-1, la tension d'essai aux chocs de foudre assignée étant choisie conformément à 4.2 de cette norme.

The foil shall be placed in the most unfavourable situation for the test. In case of doubt about the most unfavourable situation, the test shall be repeated with different situations.

The insulation between the non-earth-shielded live parts of the interconnections between the high-voltage switchgear and controlgear and the transformer and the inner surface of insulating parts of the enclosure facing these shall withstand during 1 min at least 150 % of the rated voltage of the prefabricated substation.

In order to check compliance with this requirement, accessible surfaces of the enclosure made from non-conductive materials between the non-earth-shielded connections of the high-voltage switchgear to transformer and the inner surface of the non-conductive materials of the enclosure shall be subjected to a power-frequency test of 150 % of the rated voltage for 1 min after covering the inner surface of the non-conductive material facing the non-earth-shielded connection by a metal foil connected to earth.

The methods specified in IEC 60243-1 should be applied to the tests to meet the relevant requirements.

#### **6.2.1.4 Lightning impulse-voltage tests**

The high-voltage interconnection shall be subjected to lightning impulse-voltage tests according to IEC 60694 with the following addition.

During the lightning impulse-voltage tests, the grounded terminal of the impulse generator shall be connected to the earthing conductor of the enclosure of the prefabricated substation.

#### **6.2.1.5 Power-frequency voltage withstand tests**

The high-voltage interconnection shall be subjected to 1 min power-frequency voltage withstand tests in dry conditions in accordance with IEC 60694 with the following addition.

During the power-frequency voltage test, one terminal of the test transformer shall be connected to earth and to the earthing conductor of the prefabricated substation.

### **6.2.2 Tests on low-voltage interconnection**

#### **6.2.2.1 General conditions**

When the low-voltage interconnection is partially or totally covered by a non-metallic enclosure, the enclosure shall be covered by a circular or square metal foil having an area as large as possible, but not exceeding 100 cm<sup>2</sup> connected to the earth. The foil shall be applied to all surfaces that can be touched by an operator.

For the tests, the low-voltage interconnection is connected to the test supply through the low-voltage switchgear. Only the switching devices that are in series in the supply circuit are closed. All other switching devices are open.

#### **6.2.2.2 Lightning impulse-voltage tests**

The low-voltage interconnection shall be subjected to lightning impulse-voltage tests. The test voltage is specified in Table 5 of IEC 60664-1, where the rated impulse-voltage test is chosen in accordance with 4.2 of this standard.

Les moyens de suppression des surtensions doivent être déconnectés, ou les essais doivent être faits conformément à la CEI 61180-1.

La tension de choc de foudre de 1,2/50  $\mu$ s doit être appliquée trois fois pour chaque polarité à des intervalles de 1 s minimum.

La tension d'essai doit être appliquée en connectant successivement chaque conducteur de phase du circuit principal à la borne à haute tension de la source d'essai. Tous les autres conducteurs du circuit principal et les circuits auxiliaires doivent être reliés au conducteur de terre ou au châssis et à la borne de terre de la source d'essai.

Il ne doit pas se produire de décharge disruptive au cours des essais.

### **6.2.2.3 Vérification des lignes de fuite**

Les lignes de fuite les plus courtes entre phases, entre conducteurs de circuits à des tensions différentes et entre parties actives et parties conductrices exposées, doivent être mesurées. La ligne de fuite mesurée doit être conforme aux exigences du Tableau 4 de la CEI 60664-1, en tenant compte du groupe de matériau et du degré de pollution.

### **6.2.3 Essais diélectriques des circuits auxiliaires**

Se reporter à 6.2.10 de la CEI 60694.

## **6.3 Essais d'échauffement**

Cet essai est destiné à vérifier que la conception d'une enveloppe de poste préfabriqué fonctionne correctement et n'altère pas de manière préjudiciable la durée de vie prévue des matériels du poste. Leur espérance de vie ne sera pas affectée si les limites acceptables de détérioration de l'isolement ne sont pas dépassées à cause des effets thermiques. Un déclassement du matériel peut être nécessaire en fonction des résultats de l'essai d'échauffement.

En particulier, l'essai doit prouver que les échauffements du transformateur à l'intérieur de l'enveloppe n'excèdent pas ceux mesurés sur le même transformateur à l'extérieur de l'enveloppe de la valeur correspondant à la classe de l'enveloppe, par exemple 5 K, 10 K, 15 K, 20 K, 25 K, ou 30 K. Se référer aux Figures 1 et 2.

### **6.3.1 Conditions d'essai**

L'enveloppe doit être complète, munie de ses matériels disposés en condition normale de fonctionnement. Les portes doivent être fermées et les entrées de câble obturées de manière à représenter les conditions de service. Il convient que la puissance et les pertes du transformateur soient celles correspondantes à la puissance maximale assignée du poste préfabriqué telle que définie en 4.10.1.

Les essais d'échauffement du transformateur, des interconnexions HT et BT, et des équipements basse tension seront effectués simultanément.

L'essai d'échauffement de l'appareillage HT n'est pas exigé.

NOTE 1 Il est de pratique commune que l'appareillage HT soit utilisé à un courant (de charge) bien en dessous de sa valeur assignée. Prenant cela en compte, l'échauffement additionnel causé par une exploitation à l'intérieur d'une enveloppe de poste dans la plupart des cas, n'a pas d'influence significative sur la valeur de courant acceptable exigé pour l'appareillage HT.

L'essai sera exécuté dans une salle dont les dimensions, l'isolement ou les conditions de ventilation maintiennent la température de l'air ambiant de la salle à moins de 40 °C, la variation de température ne dépassant pas 1 K pour 1 h pendant la période de mesure de l'essai.

Overvoltage suppressing means shall be disconnected or tests shall be made according to IEC 61180-1.

The 1,2/50  $\mu$ s impulse voltage shall be applied three times for each polarity at intervals of 1 s minimum.

The test voltage shall be applied connecting each phase conductor of the main circuit in turn to the high-voltage terminal of the test supply. All other conductors of the main circuit and the auxiliary circuits shall be connected to the earthing conductor or the frame and to the earth terminal of the test supply.

There shall be no disruptive discharge during the tests.

#### **6.2.2.3 Verification of creepage distances**

The shortest creepage distances between phases, between circuit conductors at different voltages and live and exposed conductive parts shall be measured. The measured creepage distance with respect to material group and pollution degree shall comply with the requirements in Table 4 of IEC 60664-1.

#### **6.2.3 Dielectric tests on auxiliary circuits**

Refer to 6.2.10 of IEC 60694.

### **6.3 Temperature-rise tests**

The purpose of this test is to check that the design of prefabricated substation enclosure operates correctly and does not impair the life expectancy of the substation components. Their life expectancy will not be influenced if the acceptable limits of deterioration of insulation through thermal effects are not exceeded. Depending on the results of the temperature-rise test de-rating of the components may be necessary.

In particular, the test shall demonstrate that the temperature rises of the transformer inside the enclosure do not exceed those measured on the same transformer outside the enclosure by more than the value which defines the class of enclosure, for example, 5 K, 10 K, 15 K, 20 K, 25 K or 30 K. Refer to Figures 1 and 2.

#### **6.3.1 Test conditions**

The enclosure shall be complete with its components positioned as designed for service. The doors shall be closed and cable access points sealed to represent service conditions. The power and losses of the transformer should be those corresponding to the rated maximum power of the prefabricated substation, as defined in 4.10.1.

Transformer, HV and LV interconnections, and low-voltage equipment temperature-rise tests will be performed simultaneously.

The temperature-rise test of the HV switchgear is not required.

NOTE 1 It is a common practice that the HV switchgear operates at much lower current (load) than its rated one. Taking this into account, the additional increase of temperature caused by operating inside the substation enclosure in most cases has no relevant influence on the required current capability of the HV switchgear.

The test will be executed in a room whose dimension, insulation or air condition will keep the ambient air temperature of the room at less than 40 °C with a variation not exceeding 1 K in a 1 h reading during the measurement test period.

L'environnement doit être significativement exempt de courant d'air, à l'exception de ceux générés par la chaleur de l'équipement soumis à l'essai. En pratique cette condition est atteinte lorsque la vitesse de l'air n'excède pas 0,5 m/s.

NOTE 2 Dans le cas d'un poste préfabriqué souterrain, l'essai peut être effectué au-dessus du sol. L'expérience a démontré que la différence d'échauffement n'est pas déterminante par rapport à la situation souterraine.

## 6.3.2 Méthode d'essai

### 6.3.2.1 Connexion de l'alimentation

#### a) Côté haute tension

Le transformateur et l'appareillage HT avec sa protection transformateur (par fusibles avec la valeur assignée adaptée ou par disjoncteur) doivent être connectés et les bornes de sortie basse tension du transformateur doivent être mises en court-circuit. L'alimentation doit être connectée aux bornes de l'appareillage haute tension d'arrivée. Se référer à la Figure 3.

#### b) Côté basse tension

L'essai d'échauffement sur la partie basse tension doit être mené conformément à 8.2.1 de la CEI 60439-1 et aux exigences spécifiques suivantes.

L'appareillage basse tension doit être isolé du transformateur, aussi proche que ceci puisse être réalisable des bornes du transformateur. En un point pratique, adjacent des bornes du transformateur, un court-circuit doit être appliqué sur l'interconnexion entre le transformateur et l'appareillage BT. Le courant d'essai doit être appliqué sur l'appareillage basse tension au travers des unités de départ. Se référer à la Figure 3.

### 6.3.2.2 Application des courants d'essai

#### a) Côté haute tension

Le circuit du transformateur est alimenté par un courant suffisant pour générer les pertes totales du transformateur, à sa température de référence, en utilisant l'une ou l'autre des méthodes définies dans la CEI 60076-2 ou la CEI 60076-11.

NOTE 1 Pour cet essai, il sera nécessaire d'ajouter un petit pourcentage au courant assigné circulant dans le circuit complet, afin de compenser les pertes à vide du transformateur.

NOTE 2 Pendant l'essai, la résistance changera selon la température du transformateur. Par conséquent, il convient que le courant d'essai injecté soit changé afin de maintenir la valeur des pertes constantes générées égales aux pertes totales du transformateur pendant toute la durée de l'essai.

#### b) Côté basse tension

Le circuit basse tension est alimenté avec la valeur de courant assigné basse tension du transformateur soumis à l'essai.

La répartition du courant d'alimentation au travers des unités de départ BT, doit être choisie pour être le cas d'échauffement le plus défavorable.

## 6.3.3 Mesures

### 6.3.3.1 Mesure de la température de l'air ambiant

La température de l'air ambiant est la température moyenne de l'air environnant le poste préfabriqué (pour des postes sous enveloppe, il s'agit de la température de l'air à l'extérieur de l'enveloppe). Elle doit être mesurée pendant le dernier quart de la période d'essai, au moyen d'au moins quatre thermomètres, thermocouples ou autres capteurs de température disposés régulièrement autour du poste préfabriqué approximativement à la hauteur moyenne des éléments traversés par le courant et à une distance d'environ 1 m du poste préfabriqué. Dans le cas de poste enterrés, ces moyens doivent être placés à la moitié de la hauteur des ouvertures de ventilation. Les thermomètres ou les thermocouples doivent être protégés contre les courants d'air et les influences anormales de la chaleur.

The environment shall be substantially free from air currents, except those generated by heat from the equipment under test. In practice, this condition is reached when the air velocity does not exceed 0,5 m/s.

NOTE 2 In the case of an underground prefabricated substation, the test may be performed above ground. Experience has proven that the difference in temperature rise is not significant compared to underground.

### **6.3.2 Test method**

#### **6.3.2.1 Connection of supplies**

##### **a) High-voltage side**

The transformer and HV switchgear with its tee-off (fuses with correct rating or circuit-breaker) shall be connected and the low-voltage outgoing terminals of the transformer shall be short-circuited. The supply shall be connected to the incoming high-voltage switchgear terminals. Refer to Figure 3.

##### **b) Low-voltage side**

The temperature-rise test on the low-voltage side shall be carried out in accordance with 8.2.1 of IEC 60439-1 and the following specific requirements.

The low-voltage switchgear shall be isolated from the transformer, as close as practicable to the transformer terminals. At a convenient point adjacent to the transformer terminals, a short-circuit shall be applied to the connections between the transformer and the low-voltage switchgear. Test current shall be applied to the low-voltage switchgear via the outgoing feeders. Refer to Figure 3.

#### **6.3.2.2 Application of test currents**

##### **a) High-voltage side**

The transformer circuit is supplied with sufficient current to generate the total rated losses of the transformer, at its reference temperature, using either method defined in IEC 60076-2 or IEC 60076-11.

NOTE 1 This test will require a small percentage of current above the rated current flowing through the complete circuit so as to compensate for the transformer no-load losses.

NOTE 2 During test, the resistance will vary according to the temperature of the transformer. Thus, the test supply current should be varied accordingly to maintain the generated losses constant and equal to the total transformer losses throughout the test.

##### **b) Low-voltage side**

The low-voltage circuit is supplied with the rated low-voltage current of the tested transformer.

The distribution of this supply current at the LV outgoing feeders shall be chosen to be the worst case in respect of heat generation.

### **6.3.3 Measurements**

#### **6.3.3.1 Measurement of the ambient air temperature**

The ambient air temperature is the average temperature of the air surrounding the prefabricated substation (for an enclosed substation, it is the air outside the enclosure). It shall be measured during the last quarter of the test period by means of at least four thermometers, thermocouples or other temperature-detecting devices equally distributed around the prefabricated substation at about the average height of its current-carrying parts and at a distance of about 1 m from the prefabricated substation. In case of underground substations, these devices shall be placed at the middle-height of the ventilation openings. The thermometers or thermocouples shall be protected against air currents and undue influence of heat.

Afin d'éviter les erreurs d'indications, du fait de variations rapides de température, les thermomètres ou les thermocouples peuvent être placés dans de petits flacons contenant environ un demi-litre d'huile.

Pendant le dernier quart de la période d'essai, la variation de la température de l'air ambiant ne doit pas dépasser 1 K en 1 h. Si cela n'est pas possible du fait de conditions de température défavorables du local d'essai, la température d'un poste préfabriqué identique placé dans les mêmes conditions, mais sans courant, peut être prise pour remplacer la température de l'air ambiant. Ce poste préfabriqué supplémentaire ne doit pas être soumis à une quantité de chaleur excessive.

La température de l'air ambiant pendant les essais doit être comprise entre +10 °C et +40 °C. Aucune correction des échauffements observés ne doit être effectuée pour des températures de l'air ambiant comprises dans cette plage.

### **6.3.3.2 Transformateur**

L'échauffement de l'huile en partie supérieure pour les transformateurs immergés doit être mesuré conformément à la CEI 60076-2. L'échauffement moyen des enroulements pour les transformateurs du type sec doit être mesuré conformément à la CEI 60076-11.

### **6.3.3.3 Appareillage basse tension**

Les échauffements de l'appareillage basse tension doivent être mesurés conformément à la CEI 60439-1.

Il n'est pas nécessaire de répéter l'essai d'échauffement, quand d'autres configurations, différentes de celle essayée, sont utilisées, à moins que les pertes côté BT soient supérieures à celles de la configuration essayée, ou qu'il y ait des doutes de fonctionnement du nouveau tableau BT dans les limites de températures spécifiées.

La température et l'échauffement des interconnexions BT et de leurs bornes doivent être mesurés.

La température de l'air à l'endroit où des matériels électroniques peuvent être installés doit être mesurée.

### **6.3.3.4 Appareillage haute tension**

La température et l'échauffement des interconnexions HT ainsi que leurs bornes doivent être mesurés.

La température de l'air à l'endroit où des matériels électroniques peuvent être installés doit être mesurée.

## **6.3.4 Critères d'acceptation**

Le poste préfabriqué doit être considéré comme ayant satisfait à l'essai d'échauffement si

- a) les échauffements du transformateur ne dépassent pas les échauffements correspondants mesurés sur le même transformateur sans enveloppe d'une valeur supérieure à la classe de température du poste préfabriqué;
- b) les échauffements et les températures des bornes des interconnexions haute tension ne dépassent pas les exigences de la CEI 60694;
- c) les échauffements et les températures, des interconnexions basse tension et de l'appareillage BT, ne dépassent pas les exigences de la CEI 60439-1;

In order to avoid indication errors because of rapid temperature changes, the thermometers or thermocouples may be put into small bottles containing about half a litre of oil.

During the last quarter of the test period, the change of ambient air temperature shall not exceed 1 K in 1 h. If this is not possible because of unfavourable temperature conditions in the test room, the temperature of an identical prefabricated substation under the same conditions, but without current, can be taken as a substitute for the ambient air temperature. This additional prefabricated substation shall not be subjected to an undue amount of heat.

The ambient air temperature during tests shall be more than +10 °C but less than +40 °C. No correction of the temperature-rise values shall be made for ambient air temperatures within this range.

#### **6.3.3.2 Transformer**

The top oil temperature rise for liquid-filled transformers shall be measured as given in IEC 60076-2. The average winding temperature rises for dry-type transformers shall be measured as given in IEC 60076-11.

#### **6.3.3.3 Low-voltage switchgear and controlgear**

The low-voltage switchgear and controlgear temperature rises shall be measured as given in IEC 60439-1.

It is not necessary to repeat the temperature-rise test, when other configurations, different from the tested one, are used, unless the losses in the LV side are higher than in the tested configuration, or there are indications that the new LV switchgear itself may not perform within the specified temperature limits.

The temperature and temperature rise of the LV interconnections and their terminals shall be measured.

The air temperature in the location where electronic equipment may be installed, shall be measured.

#### **6.3.3.4 High-voltage switchgear and controlgear**

The temperature and temperature rise of the HV interconnections and their terminals shall be measured.

The air temperature in the location where electronic devices may be installed shall be measured.

#### **6.3.4 Acceptance criteria**

The prefabricated substation shall be deemed to have passed the temperature-rise test if

- a) the transformer temperature rises do not exceed the corresponding temperature rises measured on the same transformer without an enclosure by more than the temperature class of the prefabricated substation;
- b) the temperature rises and temperatures of the terminals of the high-voltage interconnections do not exceed the requirements of IEC 60694;
- c) the temperature rises and temperatures of low-voltage interconnections and low-voltage switchgear do not exceed the requirements of IEC 60439-1;

- d) les échauffements et les températures de l'enveloppe du poste ne dépassent pas les exigences de la CEI 60694 pour les parties accessibles prévues pour être touchées en exploitation normale (voir Tableau 3 de la CEI 60694).

#### **6.4 Essais au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible sur les circuits principaux et de mise à la terre**

Les circuits principaux, incluant les interconnexions HT et BT, et le conducteur de mise à la terre du poste doivent être essayés conformément à la CEI 60694 avec les paragraphes suivants en complément.

Il n'est pas exigé de répéter les essais de type sur les circuits principaux et de mise à la terre des matériels ayant déjà été soumis aux essais de type (appareillage HT, transformateur, appareillage BT, interconnexions HT et BT).

Après l'essai, une certaine déformation du conducteur de terre principal et des connexions aux matériels est admissible mais la continuité du circuit doit être maintenue.

Généralement, aucun essai des connexions des capots et des portes métalliques au conducteur principal de mise à la terre n'est requis, si une conception adéquate est démontrée. Cependant, en cas de doute les connexions doivent être essayées à un courant continu de 30 A. La chute de tension doit être inférieure à 3 V.

#### **6.5 Essais fonctionnels**

Il doit être démontré qu'il est possible d'effectuer l'ensemble des opérations nécessaires pour la mise en service, le fonctionnement et la maintenance du poste préfabriqué.

Une liste type de ces opérations comprend :

- la manœuvre de l'appareillage;
- le fonctionnement mécanique des portes du poste;
- la fixation des écrans isolants;
- le relevé des températures et des niveaux d'huile du transformateur;
- le contrôle des indications de tension;
- la mise en place des dispositifs de mise à la terre;
- les essais de câbles;
- le remplacement de fusibles, le cas échéant;
- la manœuvre du commutateur de prises du transformateur;
- le nettoyage des grilles de ventilation.

S'il existe des verrouillages entre différents matériels, leur fonction doit être soumise à l'essai.

#### **6.6 Vérification du degré de protection**

Les degrés de protection spécifiés en 5.4.1 doivent être vérifiés par des essais conformément aux exigences de la CEI 60529.

#### **6.7 Calculs et essais mécaniques**

La procédure d'essai représente les effets des contraintes mécaniques sur l'enveloppe, du fait de la pression du vent, des charges sur toiture et des impacts mécaniques. Se reporter à 5.4.2.

- d) the temperature rises and temperatures of the substation enclosure do not exceed the requirements of IEC 60694 for accessible parts expected to be touched in normal operation (see Table 3 of IEC 60694).

#### **6.4 Short-time and peak withstand current tests on main and earthing circuits**

The main circuits, including the HV and LV interconnections, and the earthing conductor system of the substation shall be tested according to IEC 60694 with the addition of the following paragraphs.

It is not required to repeat the type tests on the main and earthing circuits of type-tested components (HV switchgear, transformer, LV switchgear, HV and LV interconnections).

After the test, some deformation of the main earthing conductor and of the connections to the components is permissible, but the continuity of the circuit shall be preserved.

Generally, no test of the connections of metallic covers and doors to the main earthing conductor is required, if adequate design is demonstrated. However, in case of doubt, they shall be tested at 30 A (d.c.). The voltage drop shall be lower than 3 V.

#### **6.5 Functional tests**

It shall be proved that it is possible to perform all the necessary commissioning, operational and maintenance activities on the prefabricated substation.

A typical list of these activities includes

- operation of the switchgear and controlgear;
- mechanical operation of prefabricated substation doors;
- fixing of insulating barriers;
- checking of temperature and liquid level of the transformer;
- voltage indication check;
- fitting of earthing devices;
- cable testing;
- replacement of fuses, if applicable;
- operation of the transformer tap-changer;
- cleaning of ventilation grids.

If there are interlocks between different components, their function shall be tested.

#### **6.6 Verification of the degree of protection**

The degrees of protection specified in 5.4.1 shall be verified by tests in accordance with the requirements specified in IEC 60529.

#### **6.7 Calculations and mechanical tests**

The test procedure represents the effects of mechanical stresses on the enclosure caused by wind pressure, roof loads and mechanical impacts. Refer to 5.4.2.

### 6.7.1 Pression du vent

Les effets mécaniques de la pression du vent sur le poste préfabriqué peuvent être vérifiés par calcul.

### 6.7.2 Charges sur toiture

Les effets mécaniques de charges sur la toiture du poste préfabriqué peuvent être vérifiés par calcul.

### 6.7.3 Impacts mécaniques

Des essais d'impacts mécaniques doivent être effectués sur les surfaces externes de l'enveloppe qui risquent d'être faibles, par exemple les portes, les capots et les ouvertures de ventilation. Se reporter à l'Annexe C en ce qui concerne la procédure d'essai.

## 6.8 Essais d'arc dû à un défaut interne

Ces essais sont applicables aux postes préfabriqués destinés à être qualifiés comme classifiés IAC-A ou IAC-B ou IAC-AB pour la protection des personnes dans le cas d'un arc dû à un défaut interne côté HT. Les essais doivent être réalisés conformément à l'Annexe A.

Ces essais couvrent les cas de défauts survenant à l'intérieur du poste préfabriqué, résultant d'un arc dans, l'appareillage HT et les interconnexions HT, quand toutes les portes sont fermées (IAC-B) ou quand la ou les portes d'accès à l'appareillage HT sont ouvertes (IAC-A) (Voir Annexe A).

La validité des résultats des essais réalisés sur un modèle particulier de conception de poste préfabriqué ou sur une partie représentative de celui-ci peut être étendue à un autre (se référer à 6.1) à condition que le premier ait été essayé dans les conditions les plus contraignantes et que le suivant puisse être considéré comme similaire à celui essayé pour les aspects suivants:

- courant et durée d'arc;
- directions des flux de gaz provenant de l'arc dû à un défaut interne;
- dimensions et implantation du poste préfabriqué;
- structure et résistance mécanique sur l'enveloppe, le sol et les cloisons, le cas échéant;
- grilles de ventilation;
- performance du système de limitation de pression, le cas échéant.

## 6.9 Essais de compatibilité électromagnétique

Pour l'appareillage HT, le 6.9 de la CEI 60694 est applicable, à l'exception de l'essai de tension de perturbation radioélectrique.

Pour l'appareillage BT, le 7.10 de la CEI 60439-1 est applicable.

## 7 Essais individuels de série

Les essais individuels de série doivent être effectués sur tout poste préfabriqué complet ou sur toute unité de transport et dans toute la mesure du possible, dans les locaux du constructeur, afin de s'assurer que le produit est conforme à l'équipement sur lequel l'essai de type a été effectué.

### 6.7.1 Wind pressure

The mechanical effects of the wind pressure on the prefabricated substation may be verified by calculation.

### 6.7.2 Roof loads

The mechanical effects of loads on the roof of the prefabricated substation may be verified by calculation.

### 6.7.3 Mechanical impacts

Mechanical impact tests shall be performed on external places of the enclosure that are likely to be weak, for example, doors, covers and ventilation openings. Refer to Annex C for the test procedure.

## 6.8 Internal arcing test

These tests are applicable to prefabricated substations, intended to be qualified as class IAC-A/or IAC-B or IAC-AB with respect to protection of persons in the event of an internal arc at HV side. The tests shall be performed according to Annex A.

These tests cover the cases of faults resulting in an arc occurring inside the prefabricated substation in the HV switchgear and the HV interconnections with all doors closed (IAC-B) or with the door(s) used to give access to the HV switchgear open (IAC-A) (see Annex A).

The validity of the results of a test carried out in a particular prefabricated substation design or representative part of it can be extended to another one (refer to 6.1), provided that the original test was more onerous and the latter design can be considered as similar to the one tested in all the following respects:

- arc current and arcing time;
- directions of gas flow from the internal arc;
- dimensions and layout of the prefabricated substation;
- structure and strength of the enclosure, floor and partitions, if any;
- ventilation grids;
- performance of the pressure release device, if any.

## 6.9 Electromagnetic compatibility test (EMC)

For HV switchgear and controlgear, 6.9 of IEC 60694 is applicable, with the exception of the radio interference voltage test.

For LV switchgear and controlgear, 7.10 of IEC 60439-1 is applicable.

## 7 Routine tests

The routine tests shall be made on each complete prefabricated substation or on each transport unit and, whenever practicable, at the manufacturer's works to ensure that the product is in accordance with the equipment on which the type test has been carried out.

Les essais individuels et les vérifications comprennent

- l'essai diélectrique sur l'interconnexion HT selon 7.1;
- l'essai de tension sur les circuits auxiliaires et de contrôle selon 7.2;
- les essais fonctionnels selon 7.3;
- la vérification de l'exactitude de la filerie selon 7.4;
- l'essai après assemblage sur le site selon 7.5.

### **7.1 Essai diélectrique de l'interconnexion HT**

Un essai de tension à la fréquence industrielle doit être effectué conformément à la CEI 60694 sur l'interconnexion HT entre l'appareillage HT et le transformateur.

Si les interconnexions HT préfabriquées sont soumises à des essais individuels de série séparément comme un sous-ensemble du poste, l'essai à fréquence industrielle n'est pas nécessaire.

### **7.2 Essais de tenue à la tension des circuits auxiliaires**

Se reporter au 7.2.4 de la CEI 60694.

### **7.3 Essais fonctionnels**

Les essais fonctionnels doivent être effectués afin de s'assurer de la conformité avec les exigences concernant les opérations décrites en 6.5.

### **7.4 Vérification de l'exactitude de la filerie**

On doit vérifier que la filerie est conforme au schéma.

### **7.5 Essais après assemblage sur le site**

Les essais diélectriques sur les interconnexions HT préalablement réalisés en usine n'ont pas besoin d'être répétés sur le site. Cependant, les postes préfabriqués qui sont partiellement désassemblés pour le transport et ensuite assemblés sur le site, doivent être soumis à des essais afin de s'assurer de leur fonctionnement correct conformément à 7.3 et 7.4.

## **8 Guide pour le choix des postes préfabriqués selon le service**

Les postes préfabriqués peuvent être construits sous différentes formes qui ont évolué en fonction des changements technologiques et des exigences fonctionnelles. Le choix des postes préfabriqués nécessite essentiellement l'identification des impositions fonctionnelles pour le service souhaité de l'installation.

Il convient de tenir compte de la législation applicable et des règlements de sécurité des utilisateurs pour définir ces exigences.

Le Tableau 4 résume les considérations à prendre en compte pour spécifier les postes préfabriqués.

### **8.1 Choix des caractéristiques assignées**

Pour des contraintes en service données, le poste préfabriqué est choisi en tenant compte des caractéristiques assignées individuelles de ses matériels, déterminées par les conditions en charge normale et les conditions en cas de défaut.

The routine tests and verifications comprise the

- dielectric test on the HV interconnection in accordance with 7.1;
- test on auxiliary and control circuits in accordance with 7.2;
- functional tests in accordance with 7.3;
- verification of correct wiring in accordance with 7.4;
- test after assembly on site in accordance with 7.5.

### **7.1 Dielectric test on the HV interconnection**

A power-frequency voltage test shall be performed according to IEC 60694 on the HV interconnection between HV switchgear and the transformer.

If prefabricated HV interconnections are routine tested separately as a subassembly of the substation, a power-frequency test is not needed.

### **7.2 Voltage withstand tests on auxiliary circuits**

Refer to 7.2.4 of IEC 60694.

### **7.3 Functional tests**

Functional tests shall be made to ensure compliance with the activities described in 6.5.

### **7.4 Verification of correct wiring**

It shall be verified that the wiring conforms to the diagram.

### **7.5 Tests after assembly on site**

Dielectric tests on the HV interconnections previously performed in the factory do not need to be repeated on site. However, prefabricated substations, which are partially disassembled for transport and then assembled on site, shall be tested to ensure correct operation in accordance with 7.3 and 7.4.

## **8 Guide to the selection of prefabricated substations for service**

Prefabricated substations may be constructed in various forms that have evolved with changing technologies and functional requirements. The selection of prefabricated substations essentially involves an identification of the functional requirements for the service installation that best meets these requirements.

Such requirement should take account of applicable legislation and user safety rules.

Table 4 provides a summary of the considerations for specifying prefabricated substations.

### **8.1 Selection of rated values**

For a given service requirement, the prefabricated substation is selected by considering the individual rated values of its components required by normal load condition and in the case of fault conditions.

Il convient de choisir les caractéristiques assignées selon la présente norme en tenant compte des caractéristiques du réseau et de ses extensions présumées. La liste complète des caractéristiques assignées est indiquée à l'Article 4. Les autres paramètres tels que les conditions atmosphériques et climatiques locales et l'utilisation à des altitudes dépassant 1 000 m doivent aussi être pris en compte.

## 8.2 Choix de la classe d'enveloppe

La classe d'enveloppe est choisie en fonction de la température ambiante (moyenne) sur le site et du facteur de charge du transformateur. Pour une classe d'enveloppe assignée, le facteur de charge autorisé du transformateur dépend de la température ambiante sur le site du poste.

L'Annexe D peut être utilisée pour déterminer la classe d'enveloppe ou le facteur de charge du transformateur. Elle donne des exemples pour démontrer les relations et les restrictions entre la classe d'enveloppe, le facteur de charge et la température ambiante. Pour des conditions de charges variables, un facteur de correction peut être appliqué conformément à la CEI 60354 ou à la CEI 60905.

Les renseignements fournis par le constructeur sur la classe d'enveloppe pour un poste particulier proviennent de l'essai de type du poste avec ses ouvertures de ventilation bien déterminées et avec sa puissance maximale et les pertes du transformateur appliquées en permanence (conformément à 6.3).

Cette condition de pleine charge en permanence pourrait être plus contraignante et diverger significativement du cycle de charge prévu en service. Dans ce cas, la ventilation peut être excessive en comparaison avec celle exigée pour éviter le suréchauffement du transformateur.

Pour réduire tout effet indésirable de cette sur-spécification (Par exemple: coût, risque excessif de pollution du matériel) l'utilisateur, après une évaluation des conditions de services prévues, pourrait spécifier une classe de température d'enveloppe supérieure ayant moins de ventilation pour les mêmes caractéristiques assignées et les mêmes pertes. L'utilisateur peut également spécifier une classe de température plus élevée si la puissance maximale et les pertes du transformateur sont plus basses que celles de la version soumise aux essais de type.

Il convient que ces écarts/modifications comparées aux résultats des essais de type soient discutées avec le constructeur du poste.

NOTE 1 Le vieillissement du transformateur augmente avec la température du transformateur selon la CEI 60354, 2.6.

NOTE 2 L'échauffement à l'intérieur du poste peut affecter les performances des parties de l'appareillage HT. Par exemple, il convient d'utiliser le guide d'application pour le choix des fusibles CEI 60787.

## 8.3 Choix de la classe d'arc interne

Lors du choix d'un poste préfabriqué, il convient de tenir compte de la probabilité d'un arc dû à un défaut interne dans le but d'assurer un niveau de protection acceptable pour les opérateurs et pour le public.

Cette protection est réalisée en réduisant le risque à un niveau tolérable. Selon le guide ISO/CEI 51, le risque est la combinaison de la probabilité d'arrivée du dommage et de sa sévérité (voir l'Article 5 du Guide ISO/CEI 51 sur le concept de sécurité).

Par conséquent, il convient de réaliser le choix du poste approprié, pour un défaut interne occasionnant un arc, avec une procédure permettant d'atteindre un niveau de risque tolérable. Une telle procédure est décrite à l'Article 6 du Guide ISO/CEI 51. Cette procédure est basée sur l'hypothèse que l'utilisateur a un rôle à jouer dans la réduction du risque.

It is desirable that the rated values be chosen as suggested in this standard regarding the characteristics of the system as well as its anticipated future development. The complete list of ratings is given in Clause 4. Other parameters, such as local atmospheric and climatic conditions and the use at altitudes exceeding 1 000 m, shall also be considered.

## 8.2 Selection of class of enclosure

The class of enclosure is selected from the (average) ambient temperature at the site and the load factor of the transformer. For a given rated class of enclosure, the permissible load factor of the transformer depends on the ambient temperature at the substation site.

Annex D may be used to determine the class of the enclosure or the load factor of the transformer. It gives some examples to demonstrate relationships and constraints between class of enclosure, load factor and ambient temperature. For variable load conditions, a correction factor may be applicable according to IEC 60354 or IEC 60905.

Information given by the manufacturer on the class of enclosure for a specific substation is based on the type test of the substation with given ventilation opening grids and with its maximum power and transformer losses applied continuously (in accordance with 6.3).

This continuous full-load condition might be more demanding and differ substantially from the expected loading cycle in service. In such a case, the ventilation may be unnecessarily strong, compared with the required one, to avoid overheating of the transformer.

To reduce any possible undesirable side-effect of this over-specification (for example, cost, excessive hazard of pollution of the equipment), the user, after an assessment of the expected service condition, could specify a higher temperature class of enclosure having less ventilation with the same nominal rating and losses. The user may also specify a higher temperature class, if maximum power and transformer losses are lower than the type tested version.

These deviations/modifications compared to type-test figures should be discussed with the manufacturer of the substation.

NOTE 1 The ageing rate of the transformer increases with the temperature of the transformer according to IEC 60354, 2.6.

NOTE 2 The temperature rise in the interior of the substation can affect the performance of parts of the HV switchgear. As an example, the guide for the application of fuses (IEC 60787) should be applied.

## 8.3 Selection of internal arc classification

When selecting a prefabricated substation, the probability of internal arcs should be properly addressed, with the aim of providing an acceptable protection level for operators and for the general public.

This protection is achieved by reducing the risk to a tolerable level. According to ISO/IEC Guide 51, risk is the combination of the probability of occurrence of a harm and the severity of the harm (refer to Clause 5 of ISO/IEC Guide 51 on the concept of safety).

Therefore, the selection of a suitable substation, in relation to an internal arc leading to an arc, should be governed by a procedure to achieve a tolerable level of risk. Such a procedure is described in Clause 6 of ISO/IEC Guide 51. This procedure is based on the assumption that the user has a role to play in the reduction of risk.

A titre de guide, le Tableau 2 donne une liste d'emplacements pour lesquels l'expérience a montré que les défauts avaient une plus grande chance de se produire. Il donne aussi les causes possibles des défaillances et les mesures possibles pour diminuer la probabilité d'arc dû à un défaut interne. D'autres mesures peuvent être prises pour assurer le plus haut niveau possible de protection des personnes dans le cas d'un arc dû à un défaut interne. Ces mesures ont pour but de limiter les conséquences externes d'un tel événement. Le Tableau 3 donne des exemples de mesures limitant les conséquences d'un arc dû à un défaut interne.

L'efficacité de la conception du poste à procurer une protection aux personnes en cas d'arc dû à un défaut interne peut être vérifiée en le soumettant aux essais conformément à l'Annexe A. Les postes soumis aux essais avec succès sont qualifiés selon la Classification Arc Interne IAC-A ou IAC-B ou IAC-AB.

La classe IAC-A est destinée à vérifier la protection des opérateurs quand ils exploitent l'équipement du poste et elle est basée sur une accessibilité limitée au personnel autorisé (accessibilité type A, voir A.2.1). Elle est applicable aux postes manœuvrés de l'intérieur (à aire de manœuvre) ou à la face d'exploitation HT des postes manœuvrés de l'extérieur (sans aire de manœuvre).

La classe IAC-B vérifie la protection du public autour du poste avec une accessibilité libre (accessibilité type B, voir A.2.2) pour toutes les faces du poste. Durant cet essai, toutes les portes du poste sont fermées.

La classe IAC-AB vérifie respectivement la protection des opérateurs quand ils exploitent l'équipement du poste et celle du public autour du poste. Dans ce cas, le poste est essayé selon les classes IAC-A et IAC-B.

Pour les trois classes, il est important de réaliser que les essais pour la Classification Arc Interne se rapportent à une configuration donnée du poste pour le type et la position du transformateur, et des appareillages HT et BT. Le résultat de l'essai est dépendant du type spécifique d'appareillage HT dans le poste. La sélection d'une Classification d'Arc Interne restreint le libre choix de l'appareillage dans le poste.

Lorsqu'un appareillage avec une Classification Arc Interne conformément à la CEI 62271-200 est utilisé, pour vérifier la Classe d'Arc Interne IAC-A ou IAC-B, l'implantation de l'équipement dans le poste doit reproduire de manière réaliste la simulation du local de l'essai de type d'origine (voir aussi les Figures A.4 et A.5).

**Tableau 2 – Emplacements, causes et exemples de mesures de diminution de la probabilité d'un arc dû à un défaut interne**

| <b>Emplacements préférentiels où l'arc dû à un défaut interne peut s'amorcer</b><br><b>(1)</b> | <b>Causes possibles des défauts internes</b><br><b>(2)</b>        | <b>Exemples de mesures préventives possibles</b><br><b>(3)</b>                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Compartiments câbles                                                                           | Conception inadéquate                                             | Choisir des dimensions suffisantes<br>Utiliser des matériels appropriés                                                           |
|                                                                                                | Installation défectueuse                                          | Eviter de croiser les câbles<br>Contrôle de la main d'œuvre sur le site<br>Couple de serrage correct                              |
|                                                                                                | Défaut d'isolement solide ou liquide (défaut ou manque d'isolant) | Contrôle de la main d'œuvre et/ou essai diélectrique sur le site<br>Vérification régulière du niveau des liquides (si applicable) |

For guidance, Table 2 gives a list of locations where experience shows that faults are most likely to occur. It also gives possible causes of failure and possible measures to decrease the probability of internal arcs. Other measures may be adopted to provide the highest possible level of protection to persons in the case of an internal arc. These measures are aimed at limiting the external consequences of such an event. Table 3 gives examples of measures limiting the consequences of internal arcs.

The effectiveness of the design of the substation to provide protection to persons in case of an internal arc, can be verified by testing according to Annex A. Substations which have been successfully tested qualify as Internal Arcing Class IAC-A, or IAC-B or IAC-AB.

IAC-A is intended to verify the protection of operators when operating the equipment of the substation and is based on a restriction to authorized persons only (accessibility type A, see A.2.1). It is applicable to substations operated from inside (walk-in type) or to the HV operating side of substations operated from outside (non-walk-in type).

IAC-B verifies the protection of the general public around the substation with unrestricted access (accessibility type B, see A.2.2) to all sides of the substation. During this test, all doors of the substation are closed.

IAC-AB verifies the protection of both operators when operating the equipment of the substation and the general public around the substation. In this case, the substation is tested according to IAC-A and IAC-B.

For the three classes, it is important to realize that the tests for Internal Arc Classification relate to a given configuration of the substation in respect of type and position of the transformer, HV and LV switchgear. The outcome of the test is dependent on the specific type of switchgear in the substation. The decision of an internal arc class restricts the free choice of switchgear in the substation.

When using switchgear with an internal arc classification in accordance with IEC 62271-200, in verification of internal arcing class IAC-A or IAC-B, the layout of the equipment in a substation shall replicate realistically the room simulation of the original type test (see also Figures A.4 and A.5).

**Table 2 – Locations, causes and examples of measures decreasing the probability of internal arcs**

| <b>Locations where internal arcs are most likely to occur</b><br>(1) | <b>Possible causes of internal arcs</b><br>(2)               | <b>Examples of possible preventive measures</b><br>(3)                                                        |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cable compartments                                                   | Inadequate design                                            | Selection of adequate dimensions<br>Use of appropriate materials                                              |
|                                                                      | Faulty installation                                          | Avoidance of crossed cable connections<br>Checking of workmanship on site<br>Correct torque                   |
|                                                                      | Failure of solid or liquid insulation (defective or missing) | Checking of workmanship and/or dielectric test on site<br>Regular checking of liquid levels, where applicable |

**Tableau 2 (suite)**

| <b>Emplacements préférentiels où l'arc dû à un défaut interne peut s'amorcer</b><br><b>(1)</b> | <b>Causes possibles des défauts internes</b><br><b>(2)</b>    | <b>Exemples de mesures préventives possibles</b><br><b>(3)</b>                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sectionneurs<br>Interrupteurs<br>Sectionneurs de terre                                         | Fausse manœuvre                                               | Verrouillages (voir 5.11 de la CEI 62271-200)<br>Réouverture retardée<br>Manœuvre manuelle indépendante<br>Pouvoir de fermeture sur court-circuit pour les interrupteurs et sectionneurs de terre<br>Instructions au personnel |
| Connexions boulonnées et contacts                                                              | Corrosion                                                     | Utilisation de revêtements anticorrosion et/ou graisse<br>Utilisation de placage<br>Enrobage, si possible                                                                                                                      |
|                                                                                                | Assemblage défectueux                                         | Contrôle de la main-d'œuvre par une méthode appropriée<br>Couple de serrage correct<br>Moyens de fixation appropriés                                                                                                           |
| Transformateurs de mesure                                                                      | Ferro-résonance                                               | Eviter ces influences électriques par une conception convenable des circuits                                                                                                                                                   |
|                                                                                                | Court-circuit coté BT pour les TT                             | Eviter les courts-circuits par des moyens appropriés par exemple capots de protection, fusibles BT                                                                                                                             |
| Disjoncteurs                                                                                   | Manque d'entretien                                            | Entretien régulier sur programme<br>Instructions au personnel                                                                                                                                                                  |
| Tous emplacements                                                                              | Erreur commise par le personnel                               | Limitation d'accès par compartimentage<br>Enrobage isolant des parties actives<br>Instructions au personnel                                                                                                                    |
|                                                                                                | Vieillesse diélectrique                                       | Essai individuel en décharge partielle                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                | Pollution, humidité, pénétration de poussière, insectes, etc. | Mesures à prendre pour s'assurer que les conditions de service spécifiées sont respectées (voir Article 2)<br>Utilisation de compartiments à remplissage de gaz                                                                |
|                                                                                                | Surtensions                                                   | Protection contre la foudre<br>Coordination d'isolement convenable<br>Essais diélectriques sur site                                                                                                                            |
| Interconnexions                                                                                | Défaillance d'isolement                                       | Utilisation des distances d'isolement appropriées entre phases ainsi qu'entre phases et terre<br>Utilisation d'interconnexions isolées, à écran relié à la terre de préférence                                                 |

**Tableau 3 – Exemples de mesures de limitation des conséquences d'un arc interne**

|                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Durée de déclenchement très brève obtenue par détecteurs sensibles à la lumière, à la pression ou à l'échauffement ou par protection différentielle du jeu de barres                              |
| Télécommande                                                                                                                                                                                      |
| Dispositifs de décharge de pression, enveloppe résistante à la pression (incluant les portes, les planchers, les grilles de ventilations, etc.)                                                   |
| Utilisation de protection de transformateur au moyen d'un disjoncteur séparé ou de fusibles appropriés associés à des appareils de connexion limitant le courant de passage et la durée du défaut |
| Dispositif de canalisation et de refroidissement du gaz                                                                                                                                           |

**Table 2 (continued)**

| <b>Locations where internal arcs are most likely to occur</b><br>(1) | <b>Possible causes of internal arcs</b><br>(2)    | <b>Examples of possible preventive measures</b><br>(3)                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Disconnectors<br>Switches<br>Earthing switches                       | Mal-operation                                     | Interlocks (refer to 5.105)<br>Delayed reopening<br>Independent manual operation<br>Making capacity for switches and earthing switches<br>Instructions to personnel |
| Bolted connections and contacts                                      | Corrosion                                         | Use of corrosion-inhibiting coating and/or greases. Use of plating<br>Encapsulation, where possible                                                                 |
|                                                                      | Faulty assembly                                   | Checking of workmanship by suitable means<br>Correct torque<br>Adequate locking means                                                                               |
| Instrument transformers                                              | Ferro-resonance                                   | Avoidance of these electrical influences by suitable design of the circuit                                                                                          |
|                                                                      | Short circuit on LV side for VTs                  | Avoid short circuit by proper means, for example, protection cover, LV fuses                                                                                        |
| Circuit-breakers                                                     | Insufficient maintenance                          | Regular programmed maintenance.<br>Instructions to personnel                                                                                                        |
| All locations                                                        | Error by personnel                                | Limitation of access by compartmentation<br>Insulation embedded live parts<br>Instructions to personnel                                                             |
|                                                                      | Ageing under electric stresses                    | Partial discharge routine tests                                                                                                                                     |
|                                                                      | Pollution, moisture ingress of dust, vermin, etc. | Measures to ensure that the specified service conditions are achieved (refer to Clause 2)<br>Use of gas-filled compartments                                         |
|                                                                      | Over-voltages                                     | Surge protection<br>Adequate insulation co-ordination<br>Dielectric tests on site                                                                                   |
| Interconnections                                                     | Failure of insulation                             | Use of adequate clearances, phase-to-phase and phase-to-ground<br>Use of insulated interconnections, earth-shielded type preferred                                  |

**Table 3 – Examples of measures limiting the consequences of internal arcs**

|                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rapid fault clearance times initiated by detectors sensitive to light, pressure or heat or by differential busbar protection                                                      |
| Remote operation                                                                                                                                                                  |
| Pressure relief devices, pressure resistant enclosure (including doors, floors, ventilation grids, etc.)                                                                          |
| Application of transformer protection with individual circuit-breaker or suitable fuses in combination with switching devices limiting the let-through current and fault duration |
| Gas flow control and cooling devices                                                                                                                                              |

Pour choisir un poste préfabriqué adapté à la contrainte d'arc dû à un défaut interne, les critères suivants peuvent être utilisés.

- Quand le risque dû à un arc interne est considéré comme négligeable: un poste préfabriqué de la classe IAC-A ou IAC-B ou IAC-AB n'est pas nécessaire.
- Quand le risque dû à un arc interne est considéré comme significatif: il convient de n'utiliser que des postes préfabriqués de la classe IAC-A ou IAC-B ou IAC-AB.

Dans le second cas, il convient de faire le choix en prenant en compte le niveau maximal de courant prévisible et la durée du défaut, comparés aux valeurs assignées de l'équipement soumis aux essais. De plus, il convient de suivre les instructions d'installation du constructeur (voir l'Article 10).

La position du personnel pendant un phénomène d'arc interne est importante. Il convient que le constructeur indique quelles parties du poste préfabriqué sont accessibles, en fonction de la disposition lors des essais et il convient que l'utilisateur suive scrupuleusement ces instructions. Permettre la pénétration du personnel dans une zone non déclarée comme accessible peut exposer ce personnel à un risque de blessures.

La classification arc interne IAC procure un niveau de protection des personnes, validé dans les conditions normales de manœuvres comme indiqué à l'Article A.1. Elle ne se rapporte pas à la protection du personnel dans des conditions de maintenance et avec une continuité de service.

#### 8.4 Information

Le Tableau 4 fournit un résumé des éléments à considérer pour la spécification des caractéristiques des postes préfabriqués.

**Tableau 4 – Résumé des exigences techniques et des caractéristiques pour les postes préfabriqués**

| Conditions de service                                               |                  |                                            |                                  |                                             |
|---------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------|
| Information<br>Conditions de service                                |                  | Paragraphe<br>ou article de<br>cette norme | Norme de<br>référence            | Exigences de l'utilisateur<br>si nécessaire |
| Température de l'air ambiant                                        |                  | 2                                          | CEI 60694                        |                                             |
| Moyenne                                                             | °C               |                                            |                                  |                                             |
| Minimale                                                            | °C               |                                            |                                  |                                             |
| Maximale                                                            | °C               |                                            |                                  |                                             |
| Radiations solaires                                                 | W/m <sup>2</sup> |                                            | CEI 60721-2-4                    |                                             |
| Altitude                                                            | m                |                                            | HT: CEI 60694<br>BT: CEI 60439-1 |                                             |
| Pollution                                                           | Niveau           |                                            | CEI 60815                        |                                             |
| Couche de glace                                                     | Classe           |                                            | CEI 60694                        |                                             |
| Sable balayé par le vent                                            |                  |                                            | CEI 60721-2-2                    |                                             |
| Neige balayée par le vent                                           |                  |                                            | CEI 60721-2-2                    |                                             |
| Vent                                                                | m/s              |                                            | CEI 60721-2-2                    |                                             |
| Condensation ou précipitation                                       |                  |                                            | CEI 60721-2-2                    |                                             |
| Vibration                                                           |                  |                                            | CEI 61166                        |                                             |
| Risque de tremblements de terre                                     |                  |                                            | CEI 61166                        |                                             |
| Risque d'autres vibrations                                          |                  |                                            | CEI 60721-1                      |                                             |
| Perturbations électromagnétiques induites dans le réseau secondaire |                  |                                            | CEI 60694                        |                                             |

As a guide for the selection of an adequate prefabricated substation, with respect to internal arcs, the following criteria may be used.

- Where the risk due to an internal arc is considered negligible: a prefabricated substation class IAC-A or IAC-B or IAC-AB is not necessary.
- Where the risk due to an internal arc is considered to be relevant: only prefabricated substation class IAC-A or IAC-B or IAC-AB should be used.

For the second case, the selection should be made by taking into account the foreseeable maximum level of current and duration of the fault, in comparison with the rated values of the tested equipment. In addition, the installation instructions of the manufacturer should be followed (refer to Clause 10).

The location of personnel during an internal arc event is important. The manufacturer should indicate which parts of the prefabricated substation are accessible, according to the testing arrangement and the user should follow the instruction carefully. Allowing personnel to enter an area not designated as accessible may lead to the risk of personnel injury.

Internal arc classification gives a tested level of protection of persons under normal operating conditions as defined in Clause A.1. It is not concerned with personnel protection under maintenance conditions or with service continuity.

#### 8.4 Information

Table 4 provides a summary of the considerations for specifying prefabricated substations ratings.

**Table 4 – Summary of technical requirements and ratings for prefabricated substations**

| Information<br>Service conditions                          |                  | Subclause or<br>clause of this<br>standard | Reference to                     | User requirements as<br>appropriate |
|------------------------------------------------------------|------------------|--------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Ambient air temperature:                                   |                  | 2                                          | IEC 60694                        |                                     |
| Average                                                    | °C               |                                            |                                  |                                     |
| Minimum                                                    | °C               |                                            |                                  |                                     |
| Maximum                                                    | °C               |                                            |                                  |                                     |
| Solar radiation                                            | W/m <sup>2</sup> |                                            | IEC 60721-2-4                    |                                     |
| Altitude                                                   | m                |                                            | HV: IEC 60694<br>LV: IEC 60439-1 |                                     |
| Pollution                                                  | Level            |                                            | IEC 60815                        |                                     |
| Ice coating                                                | Class            |                                            | IEC 60694                        |                                     |
| Wind-driven sand                                           |                  |                                            | IEC 60721-2-2                    |                                     |
| Wind-driven snow                                           |                  |                                            | IEC 60721-2-2                    |                                     |
| Wind                                                       | m/s              |                                            | IEC 60721-2-2                    |                                     |
| Condensation or precipitation                              |                  |                                            | IEC 60721-2-2                    |                                     |
| Vibration                                                  |                  |                                            | IEC 61166                        |                                     |
| Risk of earth tremors                                      |                  |                                            | IE C61166                        |                                     |
| Risk of other vibrations                                   |                  |                                            | IEC 60721-1                      |                                     |
| Induced electromagnetic disturbance in<br>secondary system |                  |                                            | IEC 60694                        |                                     |

### Caractéristiques du poste préfabriqué

| Information<br>Caractéristiques du poste<br>préfabriqué                                                                                                                                                                                                                       |                                           | Paragraphe<br>ou article de<br>cette norme | Norme de<br>référence                           | Indications des<br>exigences à apporter par<br>l'utilisateur si nécessaire |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Haute tension assignée<br>Basse tension assignée d'emploi                                                                                                                                                                                                                     | kV<br>V                                   | 4.1                                        | HT: CEI 60694<br>BT: CEI 60947-1<br>CEI 60439-1 |                                                                            |
| Tension assignée (côté HT)                                                                                                                                                                                                                                                    | kV                                        | 9.1                                        | CEI 62271-202                                   |                                                                            |
| Tension assignée (côté BT)                                                                                                                                                                                                                                                    | V                                         | 9.1                                        | CEI 62271-202                                   |                                                                            |
| Nombre de phases                                                                                                                                                                                                                                                              |                                           | 9.1                                        | CEI 62271-202                                   |                                                                            |
| Mode de mise à la terre du neutre HT<br>Courant de défaut de terre maximal<br>attendu                                                                                                                                                                                         | kA                                        | 9.1                                        | Utilisateur<br>CEI 62271-202                    |                                                                            |
| Mode de mise à la terre du neutre BT<br>Courant de défaut de terre maximal<br>attendu                                                                                                                                                                                         | kA                                        | 9.1                                        | Utilisateur<br>CEI 62271-202                    |                                                                            |
| Puissance assignée maximale du<br>poste préfabriqué                                                                                                                                                                                                                           | kA                                        | 4.10.1                                     | CEI 60076-1<br>CEI 60076-11                     |                                                                            |
| Classe de l'enveloppe                                                                                                                                                                                                                                                         | Classe                                    | 4.10.2                                     | CEI 62271-202                                   |                                                                            |
| Niveau de bruit                                                                                                                                                                                                                                                               | dB                                        |                                            | CEI 60076-10                                    |                                                                            |
| Classification arc interne<br><br>Courant de défaut<br>Durée                                                                                                                                                                                                                  | IAC-<br>A/IAC-<br>B/IAC-<br>AB<br>kA<br>s | 5.4.4                                      | CEI 62271-202                                   |                                                                            |
| Niveaux d'isolement assignés<br>Tenue à la tension de courte durée à<br>fréquence industrielle ( $U_d$ )<br>Valeurs communes<br>Sur la distance de sectionnement<br>Tenue à la tension de choc de foudre<br>( $U_p$ )<br>Valeurs communes<br>Sur la distance de sectionnement | HT/BT<br>kV/V<br>kV/V<br>kV/V<br>kV/V     | 4.2                                        | HT: CEI 60694<br>BT: CEI 60439-1<br>CEI 60947-1 |                                                                            |
| Fréquence assignée ( $f_n$ )                                                                                                                                                                                                                                                  | Hz                                        | 4.3                                        | HT: CEI 60694<br>BT: CEI 60439-1<br>CEI 60947-1 |                                                                            |

### Ratings of the prefabricated substation

| Information<br>Ratings of the prefabricated<br>substation                                                                                                                                                                                              |                                               | Subclause or<br>clause of this<br>standard | Reference to                                  | User to indicate<br>requirement as<br>appropriate |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Rated high voltage<br>Rated operational low voltage                                                                                                                                                                                                    | kV<br>V                                       | 4.1                                        | HV:IEC 60694<br>LV:IEC 60947-1<br>IEC 60439-1 |                                                   |
| Rated voltage (HV side)                                                                                                                                                                                                                                | kV                                            | 9.1                                        | IEC 62271-202                                 |                                                   |
| Rated voltage (LV side)                                                                                                                                                                                                                                | V                                             | 9.1                                        | IEC 62271-202                                 |                                                   |
| Number of phases                                                                                                                                                                                                                                       |                                               | 9.1                                        | IEC 62271-202                                 |                                                   |
| Type of HV neutral earthing<br>Maximum expected value of earth fault<br>current                                                                                                                                                                        | kA                                            | 9.1                                        | User<br>IEC 62271-202                         |                                                   |
| Type of LV neutral earthing<br>Maximum expected value of earth fault<br>current                                                                                                                                                                        | kA                                            | 9.1                                        | User<br>IEC 62271-202                         |                                                   |
| Rated maximum power of the<br>prefabricated substation                                                                                                                                                                                                 | kVA                                           | 4.10.1                                     | IEC 60076-1<br>IEC 60076-11                   |                                                   |
| Class of enclosure                                                                                                                                                                                                                                     | Class                                         | 4.10.2                                     | IEC 62271-202                                 |                                                   |
| Sound level                                                                                                                                                                                                                                            | dB                                            |                                            | IEC 60076-10                                  |                                                   |
| Internal arc classification<br><br>Fault current<br>Duration                                                                                                                                                                                           | IAC,<br>A/IAC-<br>B<br>/IAC-<br>AB<br>kA<br>s | 5.4.4                                      | IEC 62271-202                                 |                                                   |
| Rated insulation levels<br><br>Rated short-duration power-frequency<br>withstand voltage ( $U_d$ )<br>Common value<br>Across isolating distance<br>Rated lightning impulse withstand<br>voltage ( $U_p$ )<br>Common value<br>Across isolating distance | HW/LV<br><br>kV/V<br>kV/V<br><br>kV/V<br>kV/V | 4.2                                        | HV:IEC 60694<br>LV:IEC 60439-1<br>IEC 60947-1 |                                                   |
| Rated frequency ( $f_r$ )                                                                                                                                                                                                                              | Hz                                            | 4.3                                        | HV:IEC 60694<br>LV:IEC 60439-1<br>IEC 60947-1 |                                                   |

**Tableau 4 (suite)**

| Information<br>Caractéristiques du poste<br>préfabriqué                                                                                                                                                                                             |                                              | Paragraphe<br>ou article de<br>cette norme | Norme de<br>référence                                                | Indications des<br>exigences à apporter par<br>l'utilisateur si nécessaire |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Courant permanent assigné ( $I_r$ )<br>Appareillage HT<br>Arrivée<br>Jeu de barres<br>Départ<br>Interconnexion entre l'appareillage HT<br>et le transformateur<br>Appareillage BT<br>Arrivée<br>Jeu de barres<br>Départs BT<br>Circuits auxiliaires | <br>A<br>A<br>A<br>A<br><br>A<br>A<br>A<br>A | 4.4                                        | HT: CEI 60694<br><br><br><br><br>BT: CEI 60439-1                     |                                                                            |
| Courant de courte durée admissible<br>assigné ( $I_k$ )<br>Haute tension<br>Basse tension<br>Circuit de terre                                                                                                                                       | kA<br>kA<br>kA                               | 4.5                                        | CEI 60694<br>CEI 60439-1<br>CEI 60694                                |                                                                            |
| Valeur de crête du courant admissible<br>assigné ( $I_p$ )<br>Haute tension<br>Basse tension<br>Circuit de terre                                                                                                                                    | kA<br>kA<br>kA                               | 4.6                                        | CEI 60694<br>CEI 60439-1<br>CEI 60694                                |                                                                            |
| Durée de court circuit assignée ( $t_k$ )<br>Haute tension<br>Basse tension<br>Transformateur<br>Circuit de terre                                                                                                                                   | s<br>s<br>s<br>s                             | 4.7                                        | CEI 60694<br>CEI 60439-1<br>CEI 60076-5<br>CEI 60076-11<br>CEI 60694 |                                                                            |
| Tension assignée d'alimentation des<br>dispositifs de fermeture et d'ouverture<br>et des circuits auxiliaires et de<br>commande ( $U_a$ )<br>Fermeture et déclenchement<br>Indication<br>Contrôle                                                   | HT<br>BT<br><br>V<br>V<br>V                  | 4.8                                        | CEI 60694<br>CEI 60439-1                                             |                                                                            |
| Fréquence assignée d'alimentation<br>des dispositifs de fermeture et<br>d'ouverture et des circuits auxiliaires<br>Haute tension<br>Basse tension                                                                                                   | <br>Hz<br>Hz                                 | 4.9                                        | CEI 60694<br>CEI 60439-1                                             |                                                                            |

Table 4 (continued)

| Information<br>Ratings of the prefabricated<br>substation                                                 |          | Subclause or<br>clause of this<br>standard | Reference to             | User to indicate<br>requirement as<br>appropriate |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------|
| Rated normal current ( $I_r$ )                                                                            |          | 4.4                                        |                          |                                                   |
| HV switchgear                                                                                             |          |                                            | HV:IEC 60694             |                                                   |
| Incomer                                                                                                   | A        |                                            |                          |                                                   |
| Busbar                                                                                                    | A        |                                            |                          |                                                   |
| Feeder                                                                                                    | A        |                                            |                          |                                                   |
| Interconnection between HV and<br>transformer                                                             | A        |                                            |                          |                                                   |
| LV switchgear                                                                                             |          |                                            | LV:IEC 60439-1           |                                                   |
| Incoming                                                                                                  | A        |                                            |                          |                                                   |
| Busbar                                                                                                    | A        |                                            |                          |                                                   |
| LV outgoing                                                                                               | A        |                                            |                          |                                                   |
| Auxiliary circuits                                                                                        | A        |                                            |                          |                                                   |
| Rated short-time withstand current ( $I_k$ )                                                              |          | 4.5                                        |                          |                                                   |
| High-voltage                                                                                              | kA       |                                            | IEC 60694                |                                                   |
| Low-voltage                                                                                               | kA       |                                            | IEC 60439-1              |                                                   |
| Earth circuit                                                                                             | kA       |                                            | IEC 60694                |                                                   |
| Rated peak withstand current ( $I_p$ )                                                                    |          | 4.6                                        |                          |                                                   |
| High-voltage                                                                                              | kA       |                                            | IEC 60694                |                                                   |
| Low-voltage                                                                                               | kA       |                                            | IEC 60439-1              |                                                   |
| Earth circuit                                                                                             | kA       |                                            | IEC 60694                |                                                   |
| Rated duration of short circuit ( $t_k$ )                                                                 |          | 4.7                                        |                          |                                                   |
| High-voltage                                                                                              | s        |                                            | IEC 60694                |                                                   |
| Low-voltage                                                                                               | s        |                                            | IEC 60439-1              |                                                   |
| Transformer                                                                                               | s        |                                            | IEC 60076-5              |                                                   |
|                                                                                                           |          |                                            | IEC 60076-11             |                                                   |
| Earthing circuit                                                                                          | s        |                                            | IEC 60694                |                                                   |
| Rated supply voltage of closing and<br>opening devices and of auxiliary and<br>control circuits ( $U_a$ ) | HV<br>LV | 4.8                                        | IEC 60694<br>IEC 60439-1 |                                                   |
| Closing and tripping                                                                                      | V        |                                            |                          |                                                   |
| Indication                                                                                                | V        |                                            |                          |                                                   |
| Control                                                                                                   | V        |                                            |                          |                                                   |
| Rated supply frequency of closing and<br>opening devices and of auxiliary circuits                        |          | 4.9                                        |                          |                                                   |
| High-voltage                                                                                              | Hz       |                                            | IEC 60694                |                                                   |
| Low-voltage                                                                                               | Hz       |                                            | IEC 60439-1              |                                                   |

### Conception et construction du poste préfabriqué

| Information<br>Conception et construction du<br>poste préfabriqué                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                             | Paragraphe<br>ou article de<br>cette norme | Norme de<br>référence                                                    | Indications des exigences à<br>apporter par l'utilisateur si<br>nécessaire |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Degré de protection de l'enveloppe<br>portes fermées<br>Degré de protection du compartiment<br>BT<br>Degré de protection du compartiment<br>HT<br>Degré de protection des<br>compartiments du transformateur                                                                                                                                                   |                                             | 5.4.1                                      | CEI 60529                                                                |                                                                            |
| Type de matériels:<br>Appareillage HT<br>Appareillage BT<br>Transformateur                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                             |                                            | Utilisateur                                                              |                                                                            |
| Type de poste:<br>Manœuvré de l'intérieur<br>Manœuvré de l'extérieur<br>Au niveau du sol<br>Partiellement sous le niveau du sol<br>Sous le niveau du sol<br>Valeurs assignées du(des)<br>transformateur(s)<br>Puissance<br>Pertes en charge $P_{Cu}$<br>Pertes à vide $P_0$<br>Courant à vide $I_0$<br>Impédance de court-circuit<br>Echauffement<br>Isolement |                                             | 4.101                                      | Utilisateur<br>CEI 60076-1<br>CEI 60076-11<br>CEI 60076-2<br>CEI 60076-3 |                                                                            |
| Matériaux de l'enveloppe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                             | 5.5.2.1                                    | CEI 62271-202                                                            |                                                                            |
| Traitement de surface de l'enveloppe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                             | 9.1                                        | CEI 62271-202                                                            |                                                                            |
| Energie d'impact mécanique                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | J                                           | 5.4.2                                      | CEI 60068-2-75                                                           |                                                                            |
| Contraintes mécaniques par<br>Charge de neige sur la toiture<br>Charges sur toiture<br>Pression du vent                                                                                                                                                                                                                                                        | $N/m^2$<br>$N/m^2$<br>$N/m^2$               | 9.1                                        | CEI 62271-202<br>CEI 62271-202<br>CEI 60694                              |                                                                            |
| Dimensions et masses<br>Longueur maximale<br>Largeur maximale<br>Hauteur totale<br>Longueur au niveau du sol<br>Largeur au niveau du sol<br>Hauteur au-dessus du niveau du sol<br>Masse de chaque unité de transport<br>Masse totale du poste préfabriqué                                                                                                      | mm<br>mm<br>mm<br>mm<br>mm<br>mm<br>kg<br>k | 9.1                                        | CEI 62271-202                                                            |                                                                            |

## Design and construction of the substation

| Information<br>Design and construction of the prefabricated substation                                                                                                                                                                 |                                                          | Subclause or clause of this standard | Reference to                                                          | User to indicate requirement as appropriate |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Degree of protection of the enclosure with closed doors<br>Degree of protection of the LV compartment<br>Degree of protection of the HV compartment<br>Degree of protection of the transformer compartment                             |                                                          | 5.4.1                                | IEC 60529                                                             |                                             |
| Type of components:<br>HV switchgear<br>LV switchgear<br>Transformer                                                                                                                                                                   |                                                          |                                      | User                                                                  |                                             |
| Substation type:<br>Operated from inside<br>Operated from outside<br>At ground level<br>Partially below ground level<br>Below ground level                                                                                             |                                                          |                                      | User                                                                  |                                             |
| Rated values of transformer(s)<br><br>Power<br><br>Load loss $P_{cu}$<br>No-load loss $P_0$<br>No-load current $I_0$<br>Short-circuit impedance<br>Temperature rise<br>Insulation                                                      | <br><br>kVA<br>kVA<br>W<br>W<br>A<br>%<br>K              | 4.101                                | IEC 60076-1<br>IEC 60076-11<br><br><br><br>IEC 60076-2<br>IEC 60076-3 |                                             |
| Materials of the enclosure                                                                                                                                                                                                             |                                                          | 5.5.2.1                              | IEC 62271-202                                                         |                                             |
| Surface treatment of the enclosure                                                                                                                                                                                                     |                                                          | 9.1                                  | IEC 62271-202                                                         |                                             |
| Mechanical impact energy                                                                                                                                                                                                               | J                                                        | 5.4.2                                | IEC 60068-2-75                                                        |                                             |
| Mechanical stresses by<br>snow load on the roof<br>roof loads<br>wind pressure                                                                                                                                                         | N/m <sup>2</sup><br>N/m <sup>2</sup><br>N/m <sup>2</sup> | 9.1                                  | IEC 62271-202<br>IEC 62271-202<br>IEC 60694                           |                                             |
| Dimensions and weights<br>Maximum length<br>Maximum width<br>Total height<br>Length at ground level<br>Width at ground level<br>Height above ground level<br>Mass of each transport unit<br>Total mass of the prefabricated substation | mm<br>mm<br>mm<br>mm<br>mm<br>mm<br>kg<br>k              | 9.1                                  | IEC 62271-202                                                         |                                             |

## 9 Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes

Ce paragraphe liste les informations qui sont nécessaires pour permettre à l'utilisateur d'effectuer un appel d'offre approprié pour un poste préfabriqué et au fournisseur de remettre une soumission appropriée.

### 9.1 Renseignements dans les appels d'offres et les commandes

Lorsqu'il est fait un appel d'offre ou lorsqu'on passe commande d'un poste préfabriqué, il convient que le contenu de l'offre soit défini pour tous les équipements et les services. Cela peut inclure les notices concernant l'utilisation, les caractéristiques techniques et l'implantation ainsi que les exigences pour une assistance du fournisseur. Il convient que le demandeur fournisse les renseignements suivants.

#### a) Particularités du réseau:

Tensions nominales et tensions les plus élevées, fréquence, modes de mise à la terre du neutre des réseaux.

#### b) Conditions de service:

La température minimale et maximale de l'air ambiant, toutes conditions s'écartant des conditions normales de service ou nuisant au fonctionnement satisfaisant de l'équipement, tels qu'une altitude supérieure à 1 000 m, des variations rapides de température, du sable ou de la neige balayés par le vent, l'exposition inhabituelle à la vapeur, à l'humidité, aux fumées, aux gaz explosifs, à la poussière excessive ou au sel (par exemple due à la circulation ou à la pollution industrielle), le risque de tremblement de terre ou d'autres vibrations dues à des causes extérieures à l'équipement à livrer.

#### c) Particularités et caractéristiques électriques du poste préfabriqué:

- 1) tensions assignées HT et BT;
- 2) puissance assignée maximale du poste préfabriqué;
- 3) fréquence assignée;
- 4) niveaux d'isolement assignés;
- 5) courants de courte durée admissibles assignés;
- 6) durée assignée de court-circuit (si elle est différente de 1 s);
- 7) valeurs de crête des courants admissibles assignés;
- 8) valeurs assignées des matériels (appareillage haute tension et basse tension, transformateur, interconnexions HT et BT);
- 9) nombre de phases;
- 10) types de matériels (par exemple appareillage isolé dans l'air ou dans un gaz, transformateur immergé);
- 11) classe de l'enveloppe;
- 12) schémas des circuits;
- 13) degré(s) de protection des appareillages HT et BT, de l'enveloppe du poste et de ses cloisons, si elles existent;
- 14) poste placé sous le niveau du sol, partiellement sous le niveau du sol ou au niveau du sol;
- 15) manœuvré de l'intérieur ou de l'extérieur;
- 16) matériau et traitement de surface de l'enveloppe;
- 17) contraintes mécaniques (par exemple, charges de neige, charges sur toiture, pression du vent, etc.);

## 9 Information to be given with enquiries, tenders and orders

This clause lists the information which is necessary to enable the user to make an appropriate enquiry for a prefabricated substation and the supplier to give an adequate tender.

### 9.1 Information with enquiries and orders

When enquiring about or ordering a prefabricated substation, the scope of supply should be defined for all equipment and services. This may include training, technical and layout studies and requirements for co-operation with the supplier. The following information should be supplied by the enquirer.

a) Particulars of the system

Nominal and highest voltages, frequency, types of system neutral earthing.

b) Service conditions

Minimum and maximum ambient air temperature; any condition deviating from the normal service conditions or affecting the satisfactory operation of the equipment, such as altitudes higher than 1 000 m, rapidly changing temperatures, wind-driven sand and snow, the unusual exposure to vapour, moisture, fumes, explosive gases, excessive dust or salt (for example, caused by traffic or industrial pollution), the risk of earth tremors or other vibrations due to external causes to the equipment to be delivered.

c) Particulars and electrical characteristics of the prefabricated substation

- 1) rated HV and LV voltages;
- 2) rated maximum power of the prefabricated substation;
- 3) rated frequency;
- 4) rated insulation levels;
- 5) rated short-time withstand currents;
- 6) rated duration of short circuit (if different from 1 s);
- 7) rated peak withstand currents;
- 8) rated values of components (high-voltage and low-voltage switchgear and controlgear, transformer, interconnections);
- 9) number of phases;
- 10) type of components (for example, air or gas-insulated type switchgear and controlgear, liquid-immersed transformer);
- 11) class of enclosure;
- 12) circuit diagrams;
- 13) degree(s) of protection of contained HV and LV switchgear, the enclosure of the substation and its partitions if any;
- 14) substation situated below ground level, partially below ground level or at ground level;
- 15) operated from inside or outside;
- 16) material and surface treatment of the enclosure;
- 17) mechanical stresses (for example, snow loads, roof loads, wind pressure, etc.);

- 18) dimensions maximales admissibles et exigences particulières affectant l'implantation des postes préfabriqués (disposition générale);
- 19) courant de défaut de terre maximal attendu dépendant du régime de neutre des réseaux HT et BT utilisés ou des courants de court-circuit assignés à appliquer au(x) circuit(s) de terre;
- 20) classification arc interne (si elle existe), valeur du courant d'essai en kA et la durée en seconde(s);
- 21) toute disposition de conception particulière comme le choix du circuit de mise à la terre (se référer à l'Annexe E), acceptation, si applicable, de l'utilisation de l'enveloppe comme partie du circuit de mise à la terre (voir 5.1), le type des systèmes de verrouillage, les étiquettes, etc.

En plus de ces renseignements, il convient que le demandeur indique toute condition qui pourrait affecter la soumission ou la commande, telles que les conditions particulières de montage ou d'installation (par exemple, voisinage de murs à proximité, implantation en talus, éléments pouvant affecter la ventilation, etc.), l'emplacement des connexions externes haute tension, les réglementations locales en matière d'incendie et de bruit, et la durée de vie estimée. Il convient d'indiquer si des essais de type spéciaux sont prescrits.

## 9.2 Renseignements pour les soumissions

Il convient que les renseignements suivants soient fournis par le constructeur, en même temps que les descriptifs et les plans:

- a) valeurs et caractéristiques assignées telles qu'énumérées aux points b) et c) de 9.1;
- b) sur demande, liste des certificats ou comptes rendus d'essai de type, incluant la justification du choix des essais d'arc dû à un défaut interne pour la classe IAC-A ou IAC-B ou IAC-AB, le cas échéant.
- c) détails de construction, tels que:
  - 1) masse de chaque unité de transport;
  - 2) masse totale du poste préfabriqué;
  - 3) encombrement et implantation (disposition générale) du poste préfabriqué;
  - 4) dimensions maximales admissibles du transformateur;
  - 5) information relative à la disposition des connexions externes;
  - 6) exigences de transport et d'installation;
  - 7) renseignements relatifs au fonctionnement et à l'entretien;
  - 8) renseignements requis par les normes applicables des matériels;
  - 9) distances minimales recommandées autour du poste;
  - 10) volume du réservoir de rétention de l'huile (s'il existe).
- d) sur demande, liste des pièces détachées recommandées qu'il convient que l'utilisateur se procure.
- e) caractéristiques des matériaux de l'enveloppe et, le cas échéant, des traitements de surface ou des revêtements, et les essais réalisés pour évaluer leurs performances sous les conditions environnementales spécifiées.
- f) attestation déclarant que le poste est conforme à cette norme.

- 18) maximum admissible dimensions and special requirements affecting the layout of the prefabricated substation (general arrangement);
- 19) the maximum expected value of earth-fault currents dependent upon the type of HV and LV systems neutral earthing employed or the short-circuit current ratings applicable to the earthing circuit(s);
- 20) internal arc classification (if any) value of the test current in kA and duration in second(s);
- 21) any particular design arrangement such as earthing circuit solution (refer to Annex E), acceptability of using, where applicable, the enclosure as part of the earthing system (refer to 5.1), type of locking devices, labels, etc.

Beyond these items the enquirer should indicate every condition which might influence the tender or the order, such as special mounting or erection conditions (for example vicinity of surrounding walls, embedding in embankment, elements that can affect ventilation, etc.), the location of the external high-voltage connections, local fire and sound regulations, and expected lifetime. Information should be supplied if special type tests are required.

## 9.2 Information with tenders

The following information should be given by the manufacturer with descriptive matters and drawings:

- a) rated values and characteristics as enumerated in items b) and c) of 9.1;
- b) list of type test certificates or reports on request, including the justification of the selection of internal arc tests for IAC-A or IAC-B or IAC-AB, where applicable;
- c) constructional features, for example:
  - 1) mass of each transport unit;
  - 2) total mass of the prefabricated substation;
  - 3) overall dimensions and the layout (general arrangement) of the prefabricated substation;
  - 4) maximum admissible dimensions of the transformer;
  - 5) information of the arrangement of the external connections;
  - 6) transport and installation requirements;
  - 7) information on operation and maintenance;
  - 8) information required by the relevant standard of the components;
  - 9) minimum recommended clearances around the substation;
  - 10) volume of the oil retention tank (if any).
- d) list of recommended spare parts, which should be procured by the user on request;
- e) characteristics of the materials of the enclosure and, if applicable, the surface treatments or coating, and the tests carried out to assess their performances under specified environmental conditions;
- f) statement declaring that the substation complies with this standard.

## **10 Règles pour le transport, l'installation, le fonctionnement, la maintenance et la fin de vie**

Il est essentiel que le transport, le stockage et l'installation du poste préfabriqué ou de ses unités de transport ainsi que sa manœuvre et sa maintenance en service soient effectués conformément aux instructions fournies par le constructeur.

En conséquence, il est recommandé au constructeur de fournir des instructions de transport, de stockage, d'installation, de fonctionnement et de maintenance du poste préfabriqué. Il convient que les instructions de transport et de stockage soient données en temps utile avant la livraison, et que les instructions d'installation, de fonctionnement et de maintenance soient fournies au plus tard à la livraison.

Les normes applicables aux différents matériels définissent des règles particulières de transport, d'installation, de fonctionnement et de maintenance, qu'il convient, le cas échéant, d'inclure dans les instructions générales applicables au poste préfabriqué.

Les informations suivantes sont fournies afin de compléter ces instructions en indiquant les informations supplémentaires les plus importantes à fournir par le constructeur des postes préfabriqués.

### **10.1 Conditions de transport, de stockage et d'installation**

Il convient de prévoir un accord spécial entre le constructeur et l'utilisateur si les conditions de service définies dans la commande ne peuvent pas être garanties au cours du transport, du stockage et de l'installation. En particulier, il convient que des instructions soient fournies afin de protéger l'isolation contre une absorption excessive d'humidité ou une pollution irréversible, si les conditions d'environnement avant mise sous tension sont telles que l'enveloppe ne peut assurer une protection appropriée.

Il pourrait également s'avérer nécessaire de fournir des instructions et/ou des éléments spécifiques afin de fixer les matériels tels que l'appareillage et le transformateur de puissance afin d'éviter les éventuels dommages dus à des vibrations ou à des chocs prévisibles en cours de transport.

### **10.2 Installation**

Pour chaque type de poste préfabriqué, il convient que les instructions fournies par le constructeur comprennent au moins les indications ci-après.

#### **10.2.1 Déballage et manutention**

La masse de chaque unité de transport doit être précisée par le constructeur et de préférence indiquée sur l'étiquette de l'équipement.

Des points d'ancrage pour le levage et permettant la manutention de la masse de chaque unité doivent être installés.

Des instructions doivent clairement déterminer la méthode préférentielle de manutention du poste en toute sécurité et la nécessité de retirer les dispositifs de levage s'ils ne sont pas adaptés à une utilisation extérieure en permanence.

#### **10.2.2 Assemblage**

Lorsque le poste préfabriqué n'est pas entièrement assemblé pour le transport, il convient que toutes ses unités de transport soient clairement repérées, et que soient fournis les dessins montrant l'assemblage de ces unités.

## **10 Rules for transport, installation, operation, maintenance and end-of-service life**

It is essential that the transport, storage and erection of a prefabricated substation or its transport units, as well as their operation and maintenance in service, are performed in accordance with instructions given by the manufacturer.

Consequently, the manufacturer should provide instructions for the transport, storage, erection, operation and maintenance of a prefabricated substation. The instructions for the transport and storage should be given at a convenient time before delivery, and the instructions for the erection, operation and maintenance should be given by the time of delivery at the latest.

Relevant standards for the different components define particular rules for their transport, erection, operation and maintenance, and these should be included in the general instructions for the prefabricated substation, where applicable.

The following information is given to supplement these instructions with the most important additional instructions to be provided by the manufacturer of the prefabricated substation.

### **10.1 Conditions during transport, storage and installation**

A special agreement should be made between manufacturer and user if the service conditions specified in the order cannot be guaranteed during transport, storage and erection. In particular, instructions should be given to protect insulation against undue moisture absorption or irreversible pollution, if the environmental conditions prior to energizing are such that the enclosure cannot provide appropriate protection.

It might also be necessary to give guidance and/or provide special elements to secure components such as switchgear and power transformers to avoid any damage due to foreseen vibration or shocks during transport.

### **10.2 Installation**

For each type of prefabricated substation, the instructions provided by the manufacturer should include at least the following points.

#### **10.2.1 Unpacking and lifting**

The mass of each transport unit shall be declared by the manufacturer and preferably labelled on the equipment.

Sufficient lifting brackets capable of lifting the transport mass of each unit shall be fitted.

Instructions shall state clearly the preferred method of safely lifting the substation and the need to remove the brackets if they are not suitable for continuous outdoor use.

#### **10.2.2 Assembly**

When the prefabricated substation is not fully assembled for transport, all transport units should be clearly marked, and drawings showing assembly of these units should be provided.

### 10.2.3 Montage

Il convient que le constructeur fournisse toutes les informations nécessaires permettant de réaliser la préparation du site, comme :

- les travaux de génie civil de terrassement nécessaires;
- les bornes de mise à la terre extérieures et la ceinture équipotentielle si besoin;
- la position des entrées de câble;
- le raccordement au réseau extérieur de drainage d'eau de pluie, le cas échéant, en indiquant la taille et la disposition de la tuyauterie.

### 10.2.4 Inspection finale de l'installation

Instructions pour l'inspection et l'essai du poste préfabriqué après son installation et son raccordement dont il convient qu'elles incluent au moins la liste des essais recommandés à faire sur le site.

### 10.3 Fonctionnement

Outre les instructions de fonctionnement particulières à chaque matériel, il convient que le constructeur fournisse les informations supplémentaires suivantes, de façon que l'utilisateur puisse clairement comprendre les principes majeurs mis en oeuvre:

- une description des aspects de la sécurité du poste préfabriqué et une liste de tout moyen ou outillage spécial fourni pour des raisons de sécurité ainsi que leurs instructions d'utilisation;
- le fonctionnement de la ventilation, des interverrouillages et des dispositifs de cadenassage.

### 10.4 Maintenance

Le constructeur doit fournir un manuel de maintenance comprenant au moins les informations suivantes:

- instructions de maintenance complètes pour les principaux matériels, conformément aux exigences des normes applicables;
- instructions de maintenance de l'enveloppe, le cas échéant, y compris la périodicité et la procédure de maintenance.

### 10.5 Démontage, recyclage et enlèvement en fin de vie

Il convient que le constructeur fournisse les informations appropriées pour permettre à l'utilisateur final de procéder au démontage, au recyclage et à l'enlèvement du poste préfabriqué en fin de vie. Ces informations prendront en compte la protection des travailleurs et de l'environnement.

## 11 Sûreté

Les postes préfabriqués HT/BT procurent aux opérateurs et au public le degré de protection spécifié seulement quand ils sont installés et exploités conformément aux instructions du constructeur. En complément, l'utilisateur peut établir des procédures spécifiques pour l'installation et l'exploitation.

Les aspects de sûreté des matériels sont couverts par les normes de produits correspondantes et par la CEI 60694 pour l'équipement HT.

### 10.2.3 Mounting

The manufacturer should provide all necessary information to enable site preparation to be completed, such as

- excavation work required;
- external earthing terminals and equipotential belt if needed;
- position of the cable access points;
- connection with external rain water drainage, if any, including size and arrangements of piping.

### 10.2.4 Final installation inspection

Instructions for inspection and test of the prefabricated substation after its installation and connection, which should include at least a list of recommended tests, made at site.

### 10.3 Operation

Besides the particular operating instructions of each component, the manufacturer should provide the following additional information, so that the user can acquire an adequate understanding of the main principles involved:

- a description of the safety features of the prefabricated substation, and a list of any special means or tools supplied for safety purposes, and their instructions for use;
- the operation of ventilation, interlocks and padlocking facilities.

### 10.4 Maintenance

The manufacturer shall issue a maintenance manual, including at least the following information:

- complete maintenance instructions for main components, as required in relevant standards;
- maintenance instructions, if any, for the enclosure, including frequency and procedure for maintenance.

### 10.5 Dismantling, recycling and disposal at the end-of-service life

The manufacturer should provide relevant information to allow the end-user to carry out dismantling, recycling and disposal of the prefabricated substation at the end of life. This information will take into account the protection of both the workers and the environment.

## 11 Safety

HV/LV prefabricated substations provide the specified level of protection to operators and general public only when installed and operated in accordance with the manufacturer's instructions. Additionally, the user may set up specific procedures for installation and operation.

Safety aspects of components are covered by the relevant product standards and IEC 60694 for the HV equipment.

Les paragraphes suivants de cette norme décrivent des caractéristiques additionnelles assurant la protection des opérateurs et du public contre des risques divers.

### 11.1 Aspects électriques

- Mise à la terre (contact indirect) (voir 5.1).
- Codification IP (contact direct) (voir 5.4.1).

### 11.2 Aspects mécaniques

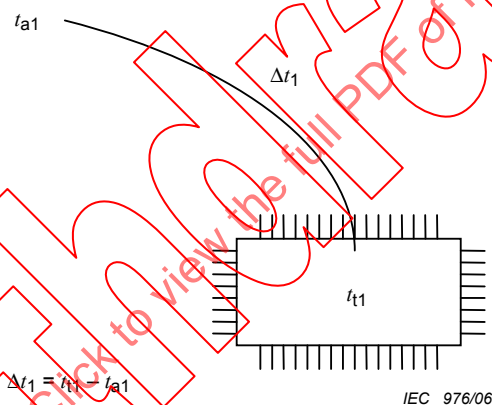
- Contraintes mécaniques (voir 5.4.2).

### 11.3 Aspects thermiques

- Température maximale des parties accessibles (voir 6.3.4 d), inflammabilité (voir 5.5.2).

### 11.4 Aspects liés à un arc dû à un défaut interne

- Défaut interne (voir 5.4.4).



où

$t_{a1}$  est la température de l'air ambiant dans le local d'essai;

$t_{t1}$  sont les températures du transformateur mesurées conformément à la CEI 60076-2 et à la CEI 60076-11;

$\Delta t_1$  est l'échauffement du transformateur à l'extérieur de l'enveloppe.

**Figure 1 – Mesure de l'échauffement du transformateur à l'air ambiant:  $\Delta t_1$**   
(se reporter à 6.3)

The following subclauses of this standard describe additional features providing protection to operators and general public against various hazards.

### 11.1 Electrical aspects

- Earthing (indirect contact) (see 5.1).
- IP coding (direct contact) (see 5.4.1).

### 11.2 Mechanical aspects

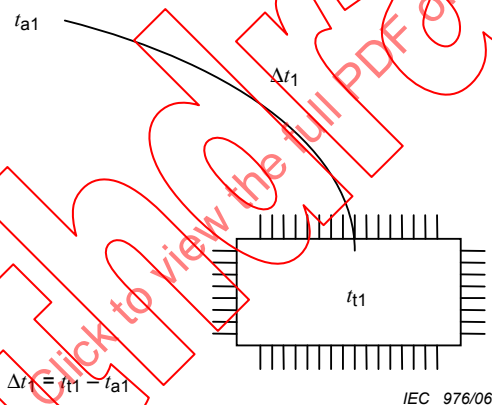
- Mechanical stress (see 5.4.2).

### 11.3 Thermal aspects

- Maximum temperature of accessible parts (see 6.3.4 d), flammability (see 5.5.2)

### 11.4 Internal arc aspects

- Internal fault (see 5.4.4).



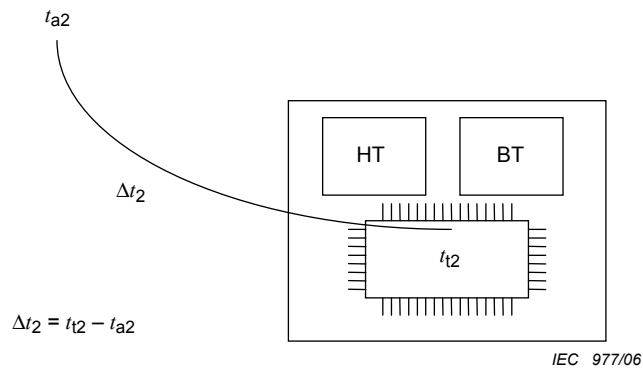
where

$t_{a1}$  is the ambient air temperature of the test room;

$t_{t1}$  are the transformer temperatures measured according to IEC 60076-2 and IEC 60076-11;

$\Delta t_1$  is the temperature rise of the transformer outside an enclosure.

**Figure 1 – Measurement of transformer temperature rise in ambient air:  $\Delta t_1$  (refer to 6.3)**



où

$t_{a2}$  est la température de l'air ambiant dans le local d'essai;

$t_{t2}$  sont les températures du transformateur mesurées conformément à la CEI 60076-2 et à la CEI 60076-11;

$\Delta t_2$  est l'échauffement du transformateur à l'intérieur de l'enveloppe.

Critère d'acceptation:

$$\Delta t = \Delta t_2 - \Delta t_1$$

Classe 5 :  $\Delta t \leq 5 \text{ K}$

Classe 10 :  $\Delta t \leq 10 \text{ K}$

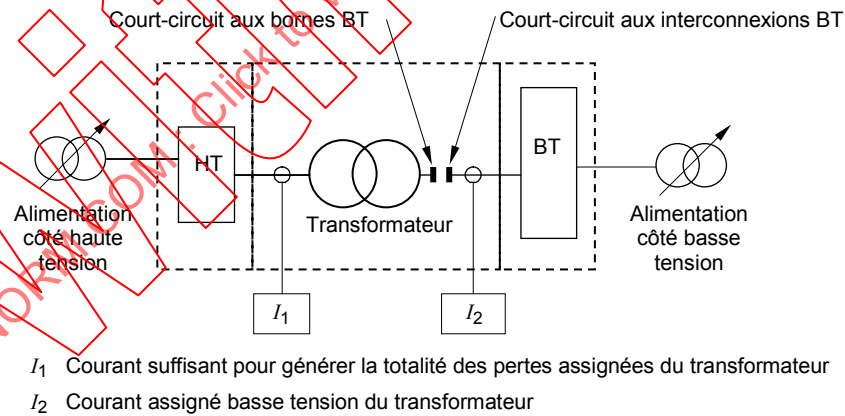
Classe 15 :  $\Delta t \leq 15 \text{ K}$

Classe 20 :  $\Delta t \leq 20 \text{ K}$

Classe 25 :  $\Delta t \leq 25 \text{ K}$

Classe 30 :  $\Delta t \leq 30 \text{ K}$

**Figure 2 – Mesure de l'échauffement du transformateur dans une enveloppe:  $\Delta t_2$**   
(se reporter à 6.3)

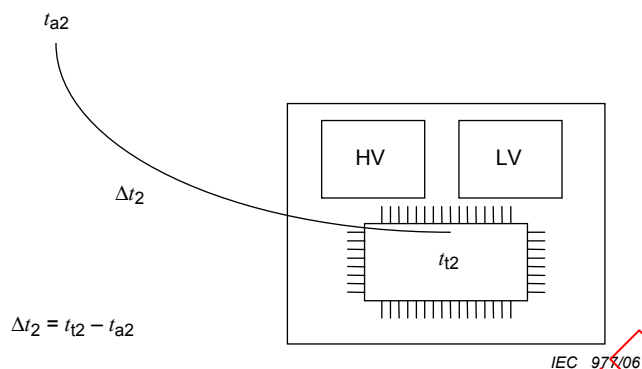


$I_1$  Courant suffisant pour générer la totalité des pertes assignées du transformateur

$I_2$  Courant assigné basse tension du transformateur

IEC 978/06

**Figure 3 – Schéma de l'essai d'échauffement (se référer à 6.3.2)**



where

$t_{a2}$  is the ambient air temperature of the test room;

$t_{t2}$  are the transformer temperatures measured according to IEC 60076-2 and IEC 60076-11;

$\Delta t_2$  is the temperature rise of the transformer inside an enclosure.

Acceptance criteria:

$$\Delta t = \Delta t_2 - \Delta t_1$$

Class 5 :  $\Delta t \leq 5 \text{ K}$

Class 10 :  $\Delta t \leq 10 \text{ K}$

Class 15 :  $\Delta t \leq 15 \text{ K}$

Class 20 :  $\Delta t \leq 20 \text{ K}$

Class 25 :  $\Delta t \leq 25 \text{ K}$

Class 30 :  $\Delta t \leq 30 \text{ K}$

**Figure 2 – Measurement of transformer temperature rise in an enclosure:  $\Delta t_2$  (refer to 6.3)**

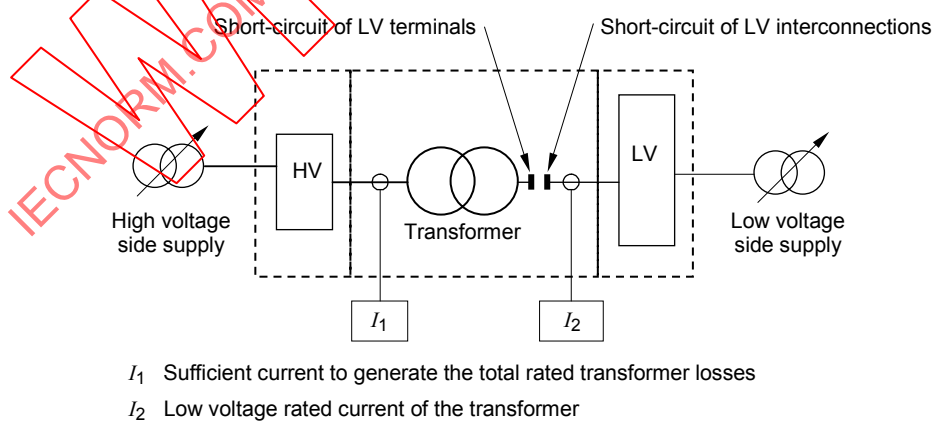


**Figure 3 – Diagram of the temperature-rise test (refer to 6.3.2)**

## **Annexe A** (normative)

### **Méthode pour essayer le poste préfabriqué dans des conditions d'arc dû à un défaut interne**

#### **A.1 Introduction**

Cette annexe est applicable aux postes préfabriqués de classe IAC-A, IAC-B et IAC-AB.

Cette classification est prévue pour offrir, dans le cas d'un défaut interne, un niveau de protection testé pour les personnes exploitant le poste dans des conditions normales de fonctionnement avec l'appareillage HT dans une position normale de service telle que définie dans la norme respective (Classe IAC-A), et aux personnes se trouvant au voisinage du poste avec ses portes fermées (Classe IAC-B).

NOTE Cette norme concerne seulement les arcs dus à un défaut interne apparaissant côté HT du poste, incluant les interconnexions HT (exemple entre l'appareillage HT et les transformateurs).

Les arcs apparaissant dans les transformateurs ou l'appareillage BT ne sont pas pris en compte (se reporter à 5.4.4 pour les raisons de cette exclusion).

Les défauts internes dans le poste peuvent se produire dans différents endroits et peuvent provoquer divers phénomènes physiques. Par exemple, l'énergie résultant d'un arc développé à l'air libre à l'intérieur du poste ou dans un fluide isolant quelconque à l'intérieur de l'enveloppe de l'appareillage HT provoquera une surpression interne et des échauffements locaux représentant pour l'enveloppe du poste des contraintes mécaniques et thermiques. En outre, les matériaux impliqués peuvent engendrer des produits de décomposition à température élevée sous forme de gaz ou de vapeur se dégageant dans le poste et par la suite à l'extérieur de celui-ci.

La classification arc interne IAC tient compte de la surpression interne agissant sur les capots, portes, planchers, etc. Elle tient aussi compte de l'effet thermique de l'arc ou de son point d'amorçage sur l'enveloppe et de l'expulsion de gaz chauds et des particules incandescentes, mais pas des dommages causés sur les cloisons et les volets internes non accessibles dans les conditions normales d'exploitation.

Les essais d'arcs internes décrits ci-après ont pour but de vérifier l'efficacité de la conception pour la protection des personnes dans le cas d'arc dû à un défaut interne. Ils ne couvrent pas tous les effets qui peuvent constituer un risque, par exemple la présence après le défaut de gaz ayant potentiellement des caractéristiques toxiques.

Le risque de propagation d'incendie, après un arc dû à un défaut interne, à des matériaux ou équipements combustibles placés au voisinage du poste n'est pas couvert par cet essai.

#### **A.2 Classification arc interne**

Trois classes de protection dans le cas de défaut dû à un arc interne sont considérées.

##### **A.2.1 Postes préfabriqués classifiés IAC-A**

Ces postes satisfont les critères prescrits pour la protection des opérateurs lorsqu'ils réalisent les opérations normales d'exploitation à l'intérieur ou face au poste (accessibilité type A selon 1.3.14.1 de cette norme).

## **Annex A**

### **(normative)**

# **Method for testing the prefabricated substation under conditions of arcing due to an internal fault**

## **A.1 Introduction**

This annex applies to prefabricated substations of Class IAC-A, IAC-B and IAC-AB.

This classification is intended to offer a tested level of protection in the event of internal arcs to personnel operating the substation in normal operating conditions and with its HV switchgear and controlgear in normal service position, as defined in the relevant standard (Class IAC-A) and to persons in the vicinity of the substation with its doors closed (Class IAC-B).

NOTE This standard covers only internal arcs occurring in the HV side of the substation, including HV interconnections (for example, between HV switchgear and power transformers).

Internal arcs within the transformers or the LV switchgear are not taken into account (see 5.4.4 for explanation of this exclusion).

Internal arcs inside the substation can occur in a number of locations and can cause various physical phenomena. For example, the energy resulting from an arc developed in the open air within the substation or in any insulating fluid within the enclosure of the HV switchgear will cause an internal overpressure and local overheating which will result in mechanical and thermal stressing of the enclosure of the substation. Moreover, the materials involved may produce hot decomposition products, either gaseous or vaporous, which may be discharged within the substation and later to the outside of it.

The internal arcing class IAC makes allowance for internal overpressure acting on covers, doors, floor(s), etc. It also takes into consideration the thermal effects of the arc or its roots on the enclosure and of ejected hot gases and glowing particles, but not damage to internal partition and shutters not being accessible in normal operating conditions.

The internal arc tests described below are intended to verify the effectiveness of the design in protecting persons in case of an internal arc. It does not cover all the effects that may constitute a hazard, such as the presence of gases with potential toxic characteristics that can be present after the fault.

The hazard of the propagation of fire after an internal arc to combustible materials or equipment placed in the proximity of the substation is not covered by this test.

## **A.2 Internal arc classification**

Three classes of protection in case of an internal arc are considered.

### **A.2.1 Prefabricated substations classified IAC-A**

These substations meet the prescribed criteria for protection of the operators when they are performing normal operations inside or in the front of the substation accessibility type A according to 1.3.14.1 of this standard.

Pour vérifier la protection des opérateurs, une distinction est faite entre deux types de postes en fonction du mode d'exploitation (à l'intérieur ou de l'extérieur).

a) Poste exploité à l'intérieur

Personnel autorisé à l'intérieur du poste avec porte ouverte.

b) Poste exploité de l'extérieur

Personnel autorisé sur la face d'exploitation HT du poste avec porte ouverte.

### **A.2.2 Postes préfabriqués classifiés IAC-B**

Ces postes satisfont aux critères prescrits pour la protection du public au voisinage du poste.

Pour être qualifié pour cette classe, l'accessibilité libre (accessibilité type B conformément à 1.3.14.2) est considérée pour toutes les faces du poste avec toutes les portes fermées, quel que soit le mode d'exploitation du poste (à l'intérieur ou de l'extérieur).

### **A.2.3 Postes préfabriqués classifiés IAC-AB**

Ces postes satisfont aux critères prescrits pour la protection aussi bien des opérateurs que du public au voisinage du poste.

Pour être qualifié pour cette classe, les postes doivent satisfaire aux exigences de A.2.1 et A.2.2 avec les mêmes valeurs de courant d'essai en kA et de durée en seconde(s).

## **A.3 Sélection des essais**

Pour être qualifié classe IAC-A ou IAC-B, un poste doit être soumis à deux séries d'essais, une sur l'appareillage HT et une autre sur les interconnexions HT. Pour être qualifié classe IAC-AB le poste doit être soumis aux séries d'essais pour les classes IAC-A et IAC-B.

Les procédures et le nombre d'essais sur l'appareillage HT dépendent de la classification IAC ou non de l'appareillage selon la CEI 62271-200.

Les procédures et le nombre d'essais sur les interconnexions HT dépendent du type de protection des transformateurs dans l'appareillage et des types d'interconnexions.

Les essais d'arc dû à un défaut interne sur les interconnexions HT pleinement isolées et avec écran relié à la terre ne sont pas nécessaires.

Pour les essais requis, voir les figures A.4, A.5, A.6 et A.7 qui montrent les principes de sélection et le nombre et le type d'essais correspondants qui doivent être réalisés.

Dans le cas de poste préfabriqué sans appareillage HT et ayant les câbles d'alimentation HT connectés directement aux traversées du transformateur, les essais doivent être réalisés comme suit.

- Un essai triphasé dans le cas de raccordements à l'air libre.
- Un essai monophasé ou biphasé selon A.5.2.1 de la CEI 62271-200 dans le cas de connexions à prises embrochables.

Dans le cas où des éléments supports fusibles sont utilisés à la place de l'appareillage HT, un essai triphasé doit être réalisé au point d'alimentation des supports fusibles.

To verify the protection to the operators a distinction is made between two types of substations, depending on their operating mode (from the inside or from the outside).

a) Substation operated from inside

Authorized personnel inside the substation with the door open.

b) Substation operated from outside

Authorized personnel on the HV operating side of the substation with the door open.

### **A.2.2 Prefabricated substations classified IAC-B**

These substations meet the prescribed criteria for the protection of the general public in the vicinity of the substation.

To qualify for this classification, unrestricted accessibility (accessibility type B, according to 1.3.14.2 of this standard) is considered to all sides of the substation with all doors closed, irrespective of the operational mode of the substation (from the inside or from the outside).

### **A.2.3 Prefabricated substations classified IAC-AB**

These substations meet the prescribed criteria for the protection of both the operators and the general public.

To qualify for this classification, these substations shall comply with the requirements of A.2.1 and A.2.2 with the same value of the test current in kA and duration in second(s).

## **A.3 Selection of tests**

To be qualified as class IAC-A or IAC-B, a substation shall be subjected to two different test series, one on the HV switchgear and one on the HV interconnections. To be qualified as class IAC-AB, the substation shall be subjected to the test series for IAC-A and IAC-B.

The test procedures and the number of tests on HV switchgear are dependent on whether the switchgear has an IAC classification according IEC 62271-200 or not.

The test procedures and the number of tests on the interconnections depend on the type of transformer protection in the switchgear and type of interconnections.

Internal arc testing on HV fully insulated and earth-shielded interconnections is not necessary

For required tests, see Figures A.4, A.5, A.6 and A.7, showing the principles for the selection of tests and the corresponding number and type of tests to be performed.

In the case of prefabricated substations without HV switchgear and having incoming HV cables directly connected to the bushings of the transformer, testing shall be carried out as follows.

- A three-phase test in the case of open-air connections.
- A single or two-phase test according to A.5.2.1 of IEC 62271-200 in the case of plug in insulated connections

In the case where fuse-bases devices are used instead of HV switchgear, a three-phase test shall be performed at the feeding side of the fuse-bases.

## **A.4 Montage d'essai**

### **A.4.1 Généralités**

Les points suivants doivent être respectés.

- Les essais doivent être réalisés sur un poste préfabriqué ou une partie représentative de celui-ci non soumise précédemment à un arc, ou, si déjà soumise, étant dans un état qui n'affecte pas le résultat de l'essai.
- Le poste doit être complètement équipé. Il est permis d'utiliser des éléments de remplacement de matériels internes à condition que leur volume et la matière de leur partie externe soient identiques à ceux des éléments originaux.
- Si le poste est connecté à la terre, il doit l'être à l'endroit prévu à cet effet.

### **A.4.2 Local d'essai**

Il est recommandé que les essais d'arc dû à un défaut interne visant à vérifier la protection prévue pour les opérateurs à l'intérieur d'un poste soient réalisés en utilisant un spécimen de l'enveloppe du poste. Si cela est pratique, pour de grands postes, l'essai peut être réalisé dans un local simulant l'aire de manœuvre en s'assurant que les conditions ne soient pas moins contraignantes concernant la direction des flux de gaz, les contraintes sur l'enveloppe, ainsi que le dispositif de limitation de pression. Tous les autres matériels ou leurs éléments de remplacement peuvent être utilisés dans la mesure où ils sont installés dans les conditions de service.

Les postes préfabriqués sont conçus pour une utilisation à l'extérieur. En conséquence, aucun local d'essai autour du poste n'est requis pour les essais d'arc dû à un défaut interne visant à vérifier le niveau de protection prévue à l'extérieur du poste. Cependant, lorsque le sol autour du poste est susceptible de contribuer à la performance du poste, sa simulation peut être requise.

Si le constructeur prétend que la conception du poste requiert que les voies d'accès des câbles et/ou tout autre dispositif additionnel de conduit d'échappement est nécessaire pour évacuer les gaz générés durant l'arc dû à un défaut interne, les dimensions de leurs sections et leurs positions doivent être définies par le fabricant. L'essai doit être réalisé avec la simulation de ces conduits d'évacuation.

Ces dispositions doivent être clairement établies, en particulier dans le manuel d'instructions (voir Article 10), pour que la classe IAC soit valide.

### **A.4.3 Indicateurs (pour constater l'effet thermique des gaz)**

#### **A.4.3.1 Généralités**

Les indicateurs sont des morceaux de tissu en coton noir et doivent être disposés de telle façon que leurs bords ne soient pas dirigés vers l'unité à essayer.

De la cretonne noire (tissu coton de 150 g/m<sup>2</sup> environ) doit être utilisée pour les indicateurs pour l'accessibilité de type A. Du linon coton noir (40 g/m<sup>2</sup> environ) doit être utilisé pour les indicateurs pour l'Accessibilité de type B.

Des précautions doivent être prises pour que les indicateurs verticaux ne puissent pas s'enflammer mutuellement. Cela peut être obtenu en les plaçant dans des cadres de montage en tôle d'acier, avec une profondeur de 2 x 30 mm ( $\frac{0}{-3}$  mm), se référer à la Figure A.1.

## **A.4 Test arrangements**

### **A.4.1 General**

The following points shall be observed.

- Tests shall be carried out on a prefabricated substation or representative part of it not previously subjected to arcing, or, if subjected, being in a condition which does not affect the result of the test.
- The substation shall be fully equipped. Mock-ups of internal components are permitted provided they have the same volume and external material as the original components.
- When the substation is connected to earth, it shall be at the point provided.

### **A.4.2 Room simulation**

Internal arc tests aimed to verify the protection provided inside the substation to operators should be carried out using a specimen of the substation enclosure. If practical, for large substations, the test can be performed in a room simulating the operating area provided that the conditions are not less onerous respecting to direction of gas flow, strength of the enclosure and pressure release device. All other components or a valid mock-up of them may be used, provided that they are installed as in service.

Prefabricated substations are designed for outdoor installation. Therefore, no room simulation around the substation is required for internal arc tests aimed at verifying the degree of protection provided outside the substation. However, where the ground around the substation is suspected to contribute to the performance of the substation simulation to the ground surface might be required.

If the manufacturer claims that the design of the substation requires that the cable access way and/or any other additional exhausting duct needs to be used to evacuate gases generated during the internal arc, their cross-section dimensions and location shall be stated by the manufacturer. The test shall be carried out with the simulation of such exhausting ducts.

This requirement shall be clearly stated, in particular in the instruction manual (see Clause 10) for the IAC classification to be valid.

### **A.4.3 Indicators (for assessing the thermal effects of the gases)**

#### **A.4.3.1 General**

Indicators are pieces of black cotton cloth and shall be so arranged that their cut edges do not point toward the test specimen.

Black cretonne (cotton fabric approximately 150 g/m<sup>2</sup>) shall be used for indicators for accessibility type A. Black cotton-interlining lawn (approximately 40 g/m<sup>2</sup>) shall be used for indicators for accessibility type B.

Care shall be taken to ensure that the vertical indicators cannot ignite each other. This is achieved by fitting them in a frame of sheet steel, with a depth of 2 mm × 30 mm ( ${}^0_{-3}$  mm) (refer to Figure A.1).

Pour les indicateurs horizontaux, il faut éviter que des particules incandescentes puissent s'accumuler. Cela peut être obtenu en montant les indicateurs sans cadre, comme indiqué sur la Figure A.2.

Les dimensions des indicateurs doivent être de 150 mm x 150 mm ( $^{+15}_0$  mm).

#### A.4.3.2 Disposition des indicateurs

Les indicateurs doivent être placés verticalement, organisés en damier, sur toutes les faces accessibles du poste préfabriqué, face aux endroits où une émission de gaz est probable (exemple jointures, fenêtres d'inspection, portes) jusqu'à une hauteur de 2 m au-dessus du niveau du sol.

La longueur des supports de montage doit être supérieure à celle de la surface correspondante en essai pour prendre en compte la possibilité d'éjection de gaz chauds sous un angle jusqu'à 45° de cette surface en essai. Cela signifie que les supports de montage doivent être 100 mm plus long de chaque côté que l'exemplaire en essai dans le cas d'une classe d'accessibilité B, ou de 300 mm plus long de chaque côté dans le cas d'une classe d'accessibilité A, dans la mesure où l'agencement du poste ou le montage d'essai ne limite pas cette extension.

NOTE Dans tous les cas, la distance entre le spécimen en essai et les indicateurs installés verticalement est mesurée de la surface de l'enveloppe, en ignorant les éléments protubérants (par exemple poignées, cadres d'appareils, etc.). Si la surface du spécimen en essai n'est pas régulière, les indicateurs doivent être placés de manière à simuler de manière aussi réaliste que possible la position qu'un opérateur ou qu'une personne adopterait en face de l'équipement, à la distance prescrite en fonction de la classe d'accessibilité.

##### a) Essais de vérification du niveau de protection des opérateurs. Accessibilité type A (accessibilité limitée)

Pour l'essai d'arc dû à un défaut interne dans l'appareillage HT d'un poste exploité à l'intérieur (A.2.1a), la disposition des indicateurs doit être conforme aux dispositions de l'Annexe A de la CEI 62271-200 pour l'accessibilité type A.

NOTE Normalement, il convient qu'une barrière ou un obstacle procure une « mise hors de portée » dans le cas d'un conducteur ou d'une connexion à l'air libre.

Pour l'essai d'arc dû à un défaut interne dans l'appareillage HT d'un poste exploité de l'extérieur (A.2.1 b), les indicateurs doivent être placés en face de la face d'accès (avec les portes ouvertes) à 300 mm de l'appareillage HT. Si la face avant de l'appareillage HT est à plus de 300 mm à l'intérieur du poste, les indicateurs seront placés dans la position des portes fermées. Des indicateurs doivent également être placés horizontalement, à une hauteur de 2 m au-dessus du niveau du sol comme décrit en Figure A.3 a et couvrant toute la surface entre 300 mm et 800 mm de l'appareillage HT. Les indicateurs doivent être régulièrement répartis, organisés en damier couvrant 40 % à 50 % de la surface.

Pour l'essai d'arc dû à un défaut interne sur l'interconnexion HT, les indicateurs doivent être disposés sur chaque côté accessible, à 300 mm de la position la plus proche qu'un opérateur peut atteindre dans les conditions normales de fonctionnement.

##### b) Essais de vérification du niveau de protection du public. Accessibilité type B (accessibilité libre)

Toutes les portes et tous les capots doivent être fermés et verrouillés comme en conditions normales de fonctionnement quand aucune opération n'est effectuée sur le poste.

Les indicateurs doivent être disposés verticalement sur tous les côtés accessibles du poste préfabriqué jusqu'à une hauteur de 2 m au-dessus du niveau du sol. Si la hauteur du poste est inférieure à 1,9 m, les indicateurs verticaux doivent être disposés jusqu'à une hauteur supérieure de 100 mm à celle du spécimen en essai (voir Figure A.3b).

Les indicateurs doivent être régulièrement répartis, organisés en damier couvrant 40 % à 50 % de la surface.

La distance des indicateurs au poste doit être de 100 mm  $\pm$  5 mm.

With horizontal indicators, care shall be taken that glowing particles do not accumulate. This is achieved if the indicators are mounted without a frame (refer to Figure A.2).

The indicator dimensions shall be 150 mm × 150 mm ( $+15_0$  mm).

#### A.4.3.2 Arrangement of indicators

Indicators shall be fitted vertically at all accessible sides of the prefabricated substation, facing all points where gas is likely to be emitted (for example, joints, inspection windows, doors) up to 2 m above the ground level in a checkerboard pattern.

The length of the mounting rack shall be larger than the corresponding area to be tested to take into account the possibility of hot gases escaping at angles of up to 45° from the surface under test. This means that the mounting frame shall be 100 mm longer at both sides than the specimen under test in case of accessibility type B, or 300 mm at both sides, in case of accessibility type A, provided that the layout of the substation or the test arrangement do not limit this extension.

**NOTE** In all cases, the distance from the indicators fitted vertically to the test specimen is measured from the surface of the enclosure, disregarding protruding elements (for example, handles, frame of apparatus and so on). If the surface of the test specimen is not regular, the indicators should be placed to simulate as realistically as possible the position that an operator or person usually may adopt in front of the equipment, at the above distance, according to type of accessibility.

##### a) Test to prove the level of protection to operators. Accessibility type A (restricted accessibility)

When performing the test of the internal arc within the HV switchgear in a substation operated from inside (A.2.1a)), arrangement of indicators shall follow the requirements of Annex A of IEC 62271-200 for accessibility type A.

**NOTE** Normally some kind of barrier or obstacle should provide an "out-of-reach" condition with respect to an open-air conductor or connector.

When performing the test of internal arc within the HV switchgear in a substation operated from outside (A.2.1b)), the indicators shall be located in front of the operating side (with the door open) at 300 mm from the switchgear. If the front of the HV switchgear is more than 300 mm inside the substation, the indicators will be placed in the position of the closed doors. Indicators shall also be arranged horizontally at a height of 2 m above the ground level as described in Figure A.3a and covering the whole area between 300 mm and 800 mm from the HV switchgear. The indicators shall be evenly distributed, arranged in a checkerboard pattern, covering 40 % to 50 % of the area.

When performing the internal arc test on HV interconnections, the indicators shall be located at any accessible side at 300 mm from the closest position the operator can reach in normal operating conditions.

##### b) Test to prove level of protection to general public. Accessibility type B (unrestricted accessibility)

Black cotton-interlining lawn (approximately 40 g/m<sup>2</sup>) shall be used for indicators. All doors and covers shall be closed and secured as in normal conditions, when no operation is carried out in the substation.

Indicators shall be fitted vertically at all accessible sides of the prefabricated substation up to 2 m above the ground level. If the actual height of substation is lower than 1,9 m, vertical indicators shall be fitted up to a height 100 mm higher than the test specimen (see Figure A.3b).

The indicators shall be evenly distributed, arranged in a checkerboard pattern, covering 40 % to 50 % of the area.

The distance from the indicators to the substation shall be 100 mm ± 5 mm.

Si la hauteur du poste est supérieure à 2 m, des indicateurs doivent être placés horizontalement, à une hauteur de 2 m au-dessus du niveau du sol comme décrit à la Figure A.3 b et couvrant toute la surface entre 100 mm à 800 mm du poste préfabriqué.

Si la hauteur du poste est inférieure à 2 m, des indicateurs organisés en damier doivent être placés horizontalement sur le toit, face à tous les points d'où les gaz peuvent s'échapper (exemple jointures). De plus, si des ouvertures de ventilation ou dispositifs d'échappement font partie de la conception du toit, des indicateurs doivent être placés, organisés en damier, face aux ouvertures, à une distance de 100 mm.

Pour les postes de hauteur inférieure à 800 mm, l'ensemble du toit doit être couvert.

## A.5 Point d'amorçage de l'arc

Les essais d'arc dû à un défaut interne dans l'appareillage HT doivent être réalisés selon l'Annexe A de la CEI 62271-200 pour l'appareillage sous enveloppe métallique classifié IAC, incluant le point d'amorçage de l'arc.

Les essais couvrant le cas d'un défaut dans l'interconnexion HT, ou le cas d'un appareillage HT qui ne peut être classifié selon la CEI 62271-200, doivent être réalisés en suivant, dans la mesure du possible, les dispositions de l'Annexe A de la CEI 62271-200.

Le point d'amorçage de l'arc doit être situé au point accessible le plus éloigné de l'alimentation. Le sens d'alimentation doit être celui du flux d'énergie attendu normalement en service.

## A.6 Courant et tension appliqués

L'Article A.4 de la CEI 62271-200 est applicable.

## A.7 Procédure d'essai

L'Article A.5 de la CEI 62271-200 est applicable.

## A.8 Critères d'acceptation

### A.8.1 Poste préfabriqué Classe IAC-A

Un poste est qualifié comme étant classifié IAC-A si

- les cinq critères de l'Article A.6 de l'Annexe A de la CEI 62271-200 sont satisfaits après chaque essai d'arc dû à un défaut interne dans l'appareillage HT, listé dans la Figure A.4;

NOTE Lorsque la conception du poste inclus sous le plancher un espace recevant les gaz d'échappement, il convient que le comportement du plancher soit vérifié du point de vue de la sécurité de l'opérateur se trouvant sur celui-ci.

- si applicable (voir Figure A.6), les critères suivants sont satisfaits après l'essai d'arc sur les interconnexions HT.

Critère n° 1 Les barrières, obstacles ou enveloppes de l'interconnexion HT, s'il y en a, ne sont pas déplacés ou déformés au-delà de la position des indicateurs.

Critère n° 2 Pas de projection de petit morceau d'une masse supérieure à 60 g.

NOTE La valeur de 60 g est prise pour suivre la CEI 62271-200. Dans le cas de la modification de celle-ci dans la CEI 62271-200, il convient que cette norme adopte la nouvelle valeur.

If the substation is higher than 2 m, indicators shall also be arranged horizontally at a height above the ground level as described in Figure A.3 b, and covering the whole area between 100 mm and 800 mm from the prefabricated substation.

If the substation is lower than 2 m, indicators shall be placed instead, in a checkerboard pattern, on the roof facing all points where gas is likely to be emitted (for example, joints). In addition, if ventilation openings or pressure-relief devices are part of the roof design, indicators shall be placed in a checkerboard pattern facing the openings at a distance of 100 mm.

For substations lower than 800 mm, the entire roof shall be covered.

## A.5 Point of initiation of arc

The internal arc tests covering the case of a fault inside the HV switchgear shall be performed according to Annex A of IEC 62271-200 for metal-enclosed switchgear class IAC, including the point of initiation of the arc

The tests covering the case of a fault in the HV interconnection, or in the case of HV switchgear, which cannot be classified according to IEC 62271-200, shall be performed following, as applicable, the provisions of Annex A of IEC 62271-200.

The point of initiation shall be located at the furthest accessible point from the supply. The feeding direction shall be in accordance with the normal expected flow of the energy in service.

## A.6 Current and voltage applied

Clause A.4 of IEC 62271-200 is applicable.

## A.7 Test procedure

Clause A.5 of IEC 62271-200 is applicable.

## A.8 Acceptance criteria

### A.8.1 Prefabricated substation Class IAC-A

A substation is qualified as class IAC-A provided that

- the five criteria as in Clause A.6 of Annex A of IEC 62271-200 have been met after every internal arc test on the HV switchgear, listed in Figure A.4;

NOTE Where the design of the substation includes a space below the floor to receive the exhausting gases, the behaviour of the floor should be assessed from the point of view of the safety of the operator standing on it.

- where applicable (see Figure A.6), the following criteria have been met after test on the HV interconnections.

Criterion no.1 Barriers, obstacles or enclosures of the HV interconnection, if any, are not moved or deformed further than the position of the indicators.

Criterion no.2 No material projections of an individual mass above 60 g.

NOTE The value of 60 g is taken to follow IEC 62271-200. In case of modification of IEC 62271-200 in this respect, this standard should adopt the new value.

- Critère n° 3 L'arc ne crée pas d'ouverture sur le côté accessible de l'enveloppe de l'interconnexion HT, si ce côté est complètement fermé.
- Critère n° 4 Les indicateurs ne s'enflamment pas sous l'effet de flammes ou de gaz chauds.
- Si les indicateurs commencent à brûler pendant l'essai, le critère d'acceptation peut néanmoins être considéré comme satisfait si la preuve est établie que l'inflammation a été causée par des particules incandescentes plutôt que par des gaz chauds. Des images prises par des caméras ultra-rapides, vidéo ou autre moyen adapté peuvent être utilisées par le laboratoire pour établir l'évidence.
- Il ne faut pas tenir compte de l'inflammation des indicateurs par la brûlure des étiquettes ou de la peinture.
- Critère n° 5 Si l'interconnexion HT est protégée par une enveloppe connectée à la terre, cette enveloppe reste connectée à son point de mise à la terre.

### A.8.2 Poste préfabriqué Classe IAC-B

Un poste est qualifié comme étant classifié IAC-B à condition que les critères suivants soient satisfaits après les essais listés sur les Figures A.5 pour l'appareillage HT et A.7 si applicable, pour les interconnexions HT.

- Critère n° 1 Les portes, capots, correctement verrouillés du poste ne s'ouvrent pas. Les déformations sont acceptables tant qu'aucune partie ne vient aussi loin que la position des indicateurs sur toutes les faces. Il n'est pas demandé que le poste satisfasse à son degré de protection IP après l'essai.
- Critère n° 2 Aucune fragmentation de l'enveloppe ne survient pendant la durée spécifiée de l'essai.
- Des projections de petits morceaux, jusqu'à une masse individuelle de 60 g, sont acceptées.
- NOTE La valeur de 60 g est prise pour suivre la CEI 62271-200. Dans le cas de la modification de celle-ci dans la CEI 62271-200, il convient que cette norme adopte la nouvelle valeur.
- Critère n° 3 L'arc ne crée pas d'ouverture dans le toit et les côtés accessibles jusqu'à une hauteur de 2 m.
- Critère n° 4 Les indicateurs ne s'enflamment pas sous l'effet de gaz chauds.
- Si les indicateurs commencent à brûler pendant l'essai, le critère d'acceptation peut néanmoins être considéré comme satisfait si la preuve est établie que l'inflammation a été causée par des particules incandescentes plutôt que par des gaz chauds. Des images prises par des caméras ultra-rapides, vidéo ou autre moyen adapté peuvent être utilisées par le laboratoire pour établir l'évidence.
- Il ne faut pas tenir compte de l'inflammation des indicateurs par la brûlure des étiquettes ou de la peinture.
- Critère n° 5 L'enveloppe reste connectée à son point de mise à la terre. Une inspection visuelle est normalement suffisante pour établir l'acceptation. En cas de doute, la continuité de la connexion de mise à la terre doit être vérifiée.

### A.8.3 Poste préfabriqué Classe IAC-AB

Les postes qui satisfont aux exigences de A.8.1 et A.8.2 de cette norme sont qualifiés de classe IAC-AB.

- Criterion no.3 Arcing does not cause holes in the accessible side of the envelope of the HV interconnection, if this side is completely closed.
- Criterion no.4 Indicators do not ignite due to the effect of flames or hot gases.  
Should they start to burn during the test, the assessment criterion may be regarded as having been met, if proof is established of the fact that glowing particles rather than hot gases caused the ignition. Pictures taken by high-speed cameras, video or any other suitable means can be used by the test laboratory to establish evidence.  
Indicators ignited as a result of paint or stickers burning are also excluded.
- Criterion no.5 If the HV interconnection is protected by an enclosure connected to earth, this enclosure remains connected to its earthing point.

#### A.8.2 Prefabricated substation Class IAC-B

A substation is qualified as class IAC-B provided the following criteria have been met after the test listed in Figures A.5 for the HV switchgear and A.7, where applicable, for the HV interconnections.

- Criterion No. 1 Correctly secured doors and covers of the substation do not open. Deformations are accepted, provided that no part comes as far as the position of the indicators in every side. The substation needs not to comply with its IP code after the test.
- Criterion No. 2 No fragmentation of the enclosure occurs within the time specified for the test.  
Projections of small parts, up to an individual mass of 60 g, are accepted.  
NOTE The value of 60 g is taken to follow IEC 62271-200. In case of modification of IEC 62271-200 in this respect, this standard should adopt the new value.
- Criterion No. 3 Arcing does not cause holes in the roof and in the accessible sides up to a height of 2 m.
- Criterion No. 4 Indicators do not ignite due to the effect of hot gases.  
Should they start to burn during the test, the assessment criterion may be regarded as having been met, if proof is established of the fact that glowing particles rather than hot gases caused the ignition. Pictures taken by high-speed cameras, video or any other suitable means can be used by the test laboratory to establish evidence.  
Indicators ignited as a result of paint or stickers burning are also excluded.
- Criterion No. 5 The enclosure remains connected to its earthing point. Visual inspection is generally sufficient to assess compliance. In case of doubt, the continuity of the earthing connection shall be checked.

#### A.8.3 Prefabricated substation Class IAC-AB

Substations which meet the requirements according to A.8.1 and A.8.2 in this standard are qualified as class IAC-AB.

## A.9 Rapport d'essai

Les informations suivantes doivent être données dans le rapport d'essai.

- Caractéristiques et description du poste, accompagnées d'un plan indiquant les principales dimensions, y compris les détails relatifs à la résistance mécanique, la disposition des dispositifs de décharge de pression et la méthode de fixation de l'appareillage haute tension au poste préfabriqué au plancher et/ou aux murs.
- Disposition des raccordements d'essai.
- Point et méthode d'amorçage du défaut interne.
- Dessin du montage d'essai (spécimen en essai et supports des indicateurs).
- Tension et fréquence appliquées.
- En ce qui concerne le courant présumé ou le courant d'essai:
  - a) valeur efficace de la composante alternative pendant les trois premières demi-périodes;
  - b) valeur de crête la plus grande;
  - c) valeur moyenne de la composante alternative pendant la durée réelle d'essai;
  - d) durée d'essai.
- Enregistrement(s) oscillographique(s) représentant les courants et les tensions.
- Interprétation des résultats d'essai, comprenant la liste des observations correspondant à l'Article A.8.
- Photographie de l'exemplaire en essai, avant et après l'essai.
- Autres commentaires utiles.
- Disposition des conduits de câbles s'ils sont utilisés pour l'échappement des gaz.

## A.10 Désignation de la classification IAC

Dans le cas où la classification IAC-A ou IAC-B ou IAC-AB est démontrée au moyen d'essais, selon 6.8 et cette annexe, le poste préfabriqué est désigné de la façon suivante.

Généralités:

- IAC (initiales de l'appellation anglaise) :

Classe thermique de l'enveloppe :

- A si la protection de l'opérateur est démontrée ;
- B si la protection du public est démontrée ;
- AB si la protection de l'opérateur et la protection du public sont démontrées.

Valeurs d'essai :

- valeur efficace du courant d'essai en kA et durée en seconde(s).

Exemples:

Un poste préfabriqué essayé avec un courant de défaut (valeur efficace) de 16 kA, pour une durée de 0,5 s pour la protection des opérateurs (A.2.1):

Désignation: Classe IAC-A – 16 kA – 0,5 s

Un poste préfabriqué essayé avec un courant de défaut (valeur efficace) de 12,5 kA, pour une durée de 1 s pour la protection du public (A.2.2):

Désignation: Classe IAC-B – 12,5 kA – 1 s

## A.9 Test report

The following information shall be given in the test report.

- Rating and description of the substation with a drawing showing the main dimensions, details relevant to the mechanical strength, the arrangement of the pressure-relief flaps and the method of fixing the metal-enclosed switchgear and controlgear to the floor and/or to the walls.
- Arrangement of the test connections.
- Point and method of initiation of the internal arc.
- Drawings of test arrangement (test specimen and mounting frame of indicators).
- Applied voltage and frequency.
- For the prospective or test current:
  - a) r.m.s. value of the a.c. component during the first three half-cycles;
  - b) highest peak value;
  - c) average value of the a.c. component over the actual duration of the test;
  - d) test duration.
- Oscillogram(s) showing currents and voltages.
- Assessment of the test results, including a record of the observations in accordance with Clause A.8.
- Photographs of the specimen under test, before and after test.
- Other relevant remarks.
- Arrangement of cable ducts if used to exhaust gases.

## A.10 Internal arc class designation

In the case where class IAC-A, IAC-B or IAC-AB is proven by the tests, according to 6.8 and this annex, the prefabricated substation will be designated as follows.

General:

- IAC (initials of internal arc classification).

Thermal class of the enclosure:

- A (if protection to operator is proven);
- B (if protection to public is proven);
- AB (if protection to both operator and public is proven).

Test ratings:

- r.m.s. value of the test current in kA and duration in second(s).

Examples:

A prefabricated substation tested for a fault current (r.m.s.) of 16 kA for 0,5 s tested for protection to operators (A.2.1):

Designation: Class IAC-A – 16 kA – 0,5 s

A prefabricated substation tested for a fault current (r.m.s.) of 12,5 kA for 1 s tested for protection to the general public (A.2.2):

Designation: Class IAC-B – 12,5 kA – 1 s

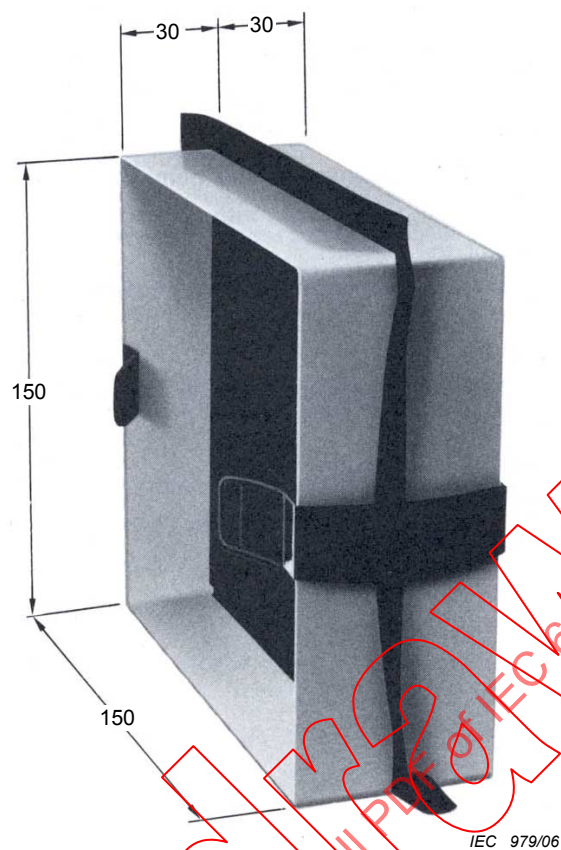


**Figure A.1 – Cadre de montage pour les indicateurs verticaux**

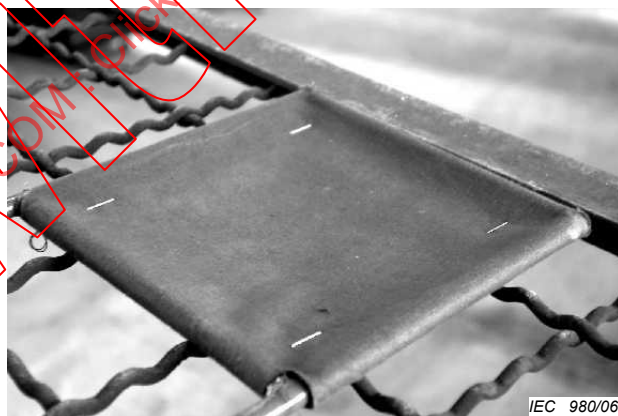


**Figure A.2 – Indicateurs horizontaux**

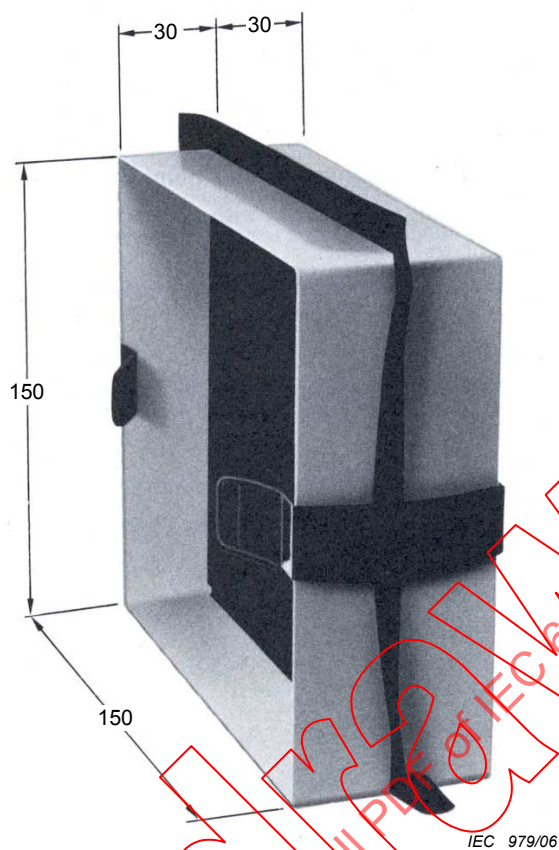


**Figure A.1 – Mounting frame for vertical indicators**

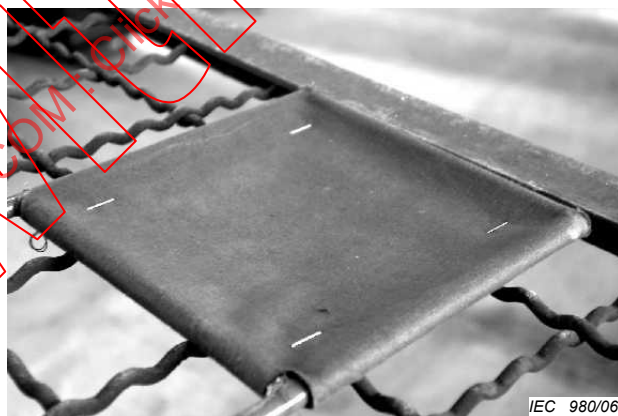
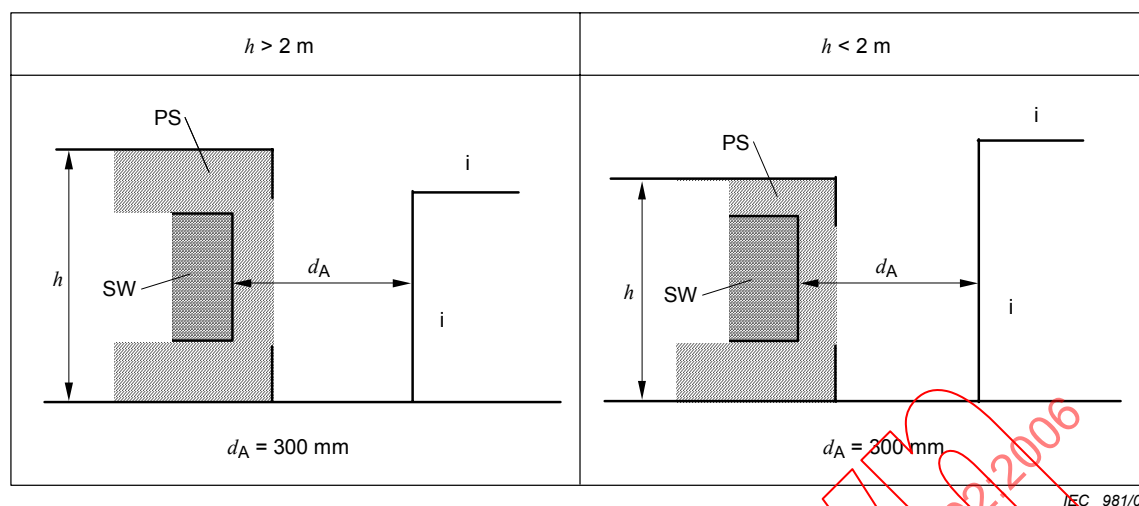


**Figure A.2 – Horizontal indicators**



NOTE Pour les montages d'essais destinés à vérifier la protection des opérateurs dans un poste exploité de l'intérieur, se conformer à l'Annexe A de la CEI 62271-200.

**Figure A.3a – Protection des opérateurs face à l'ouverture d'un poste exploité de l'extérieur**

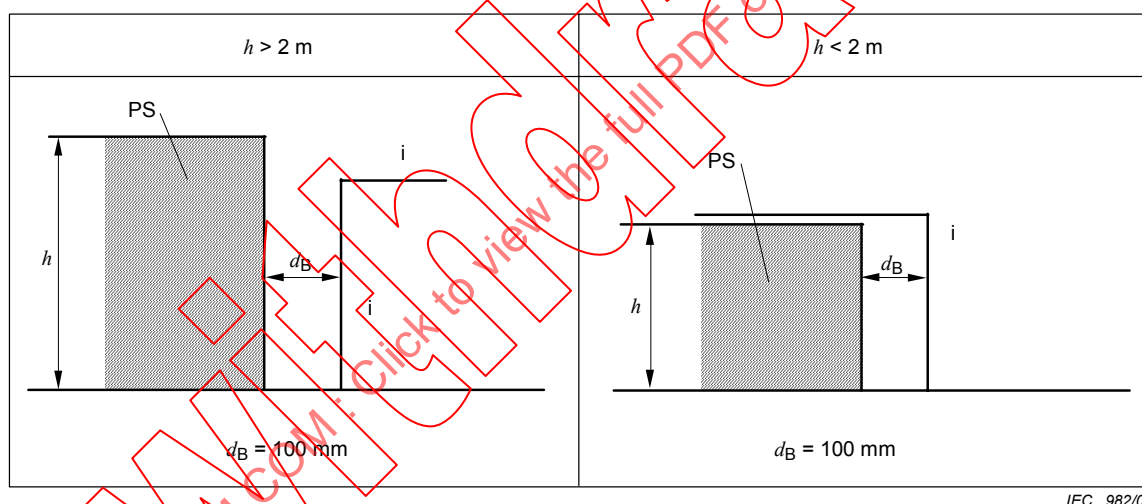


**Figure A.3b – Protection du public autour du poste portes fermées**

où

$i$  est la position des indicateurs;

$h$  est la hauteur du poste préfabriqué;

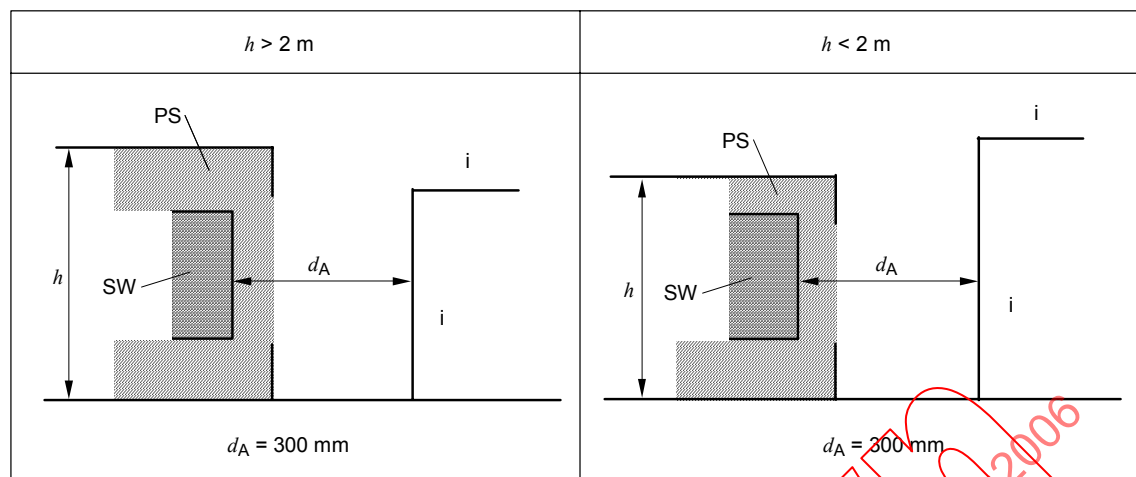
$d_A$  est la distance horizontale entre les indicateurs et l'appareillage;

$d_B$  est la distance horizontale entre les indicateurs et le poste préfabriqué;

SW est l'appareillage haute tension;

PS est le poste préfabriqué.

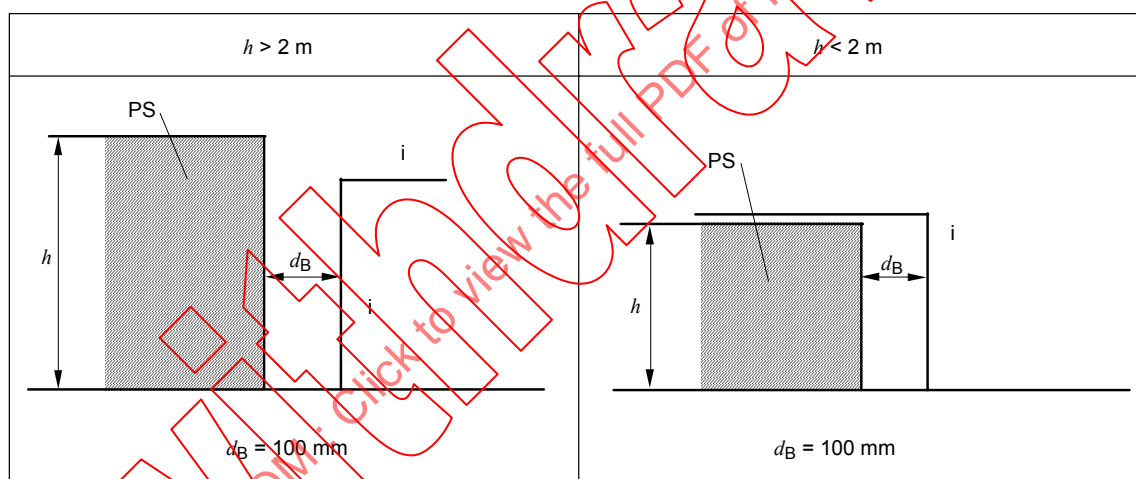
**Figure A.3 – Disposition des indicateurs**



IEC 981/06

NOTE For the arrangements to verify the protection of operators within a substation operated from inside, Annex A of IEC 62271-200 should be followed.

**Figure A.3a - Protection of operators in front of the opening side of substation operated from outside**



IEC 982/06

**Figure A.3b - Protection of general public around the substation with closed doors**

where

- i is the position of indicators;
- $h$  is the height of the prefabricated substation;
- $d_A$  is the horizontal distance of indicators to switchgear and controlgear;
- $d_B$  is the horizontal distance of indicators to prefabricated substation;
- SW is the high-voltage switchgear and controlgear;
- PS is the prefabricated substation.

**Figure A.3 – Arrangement of indicators**

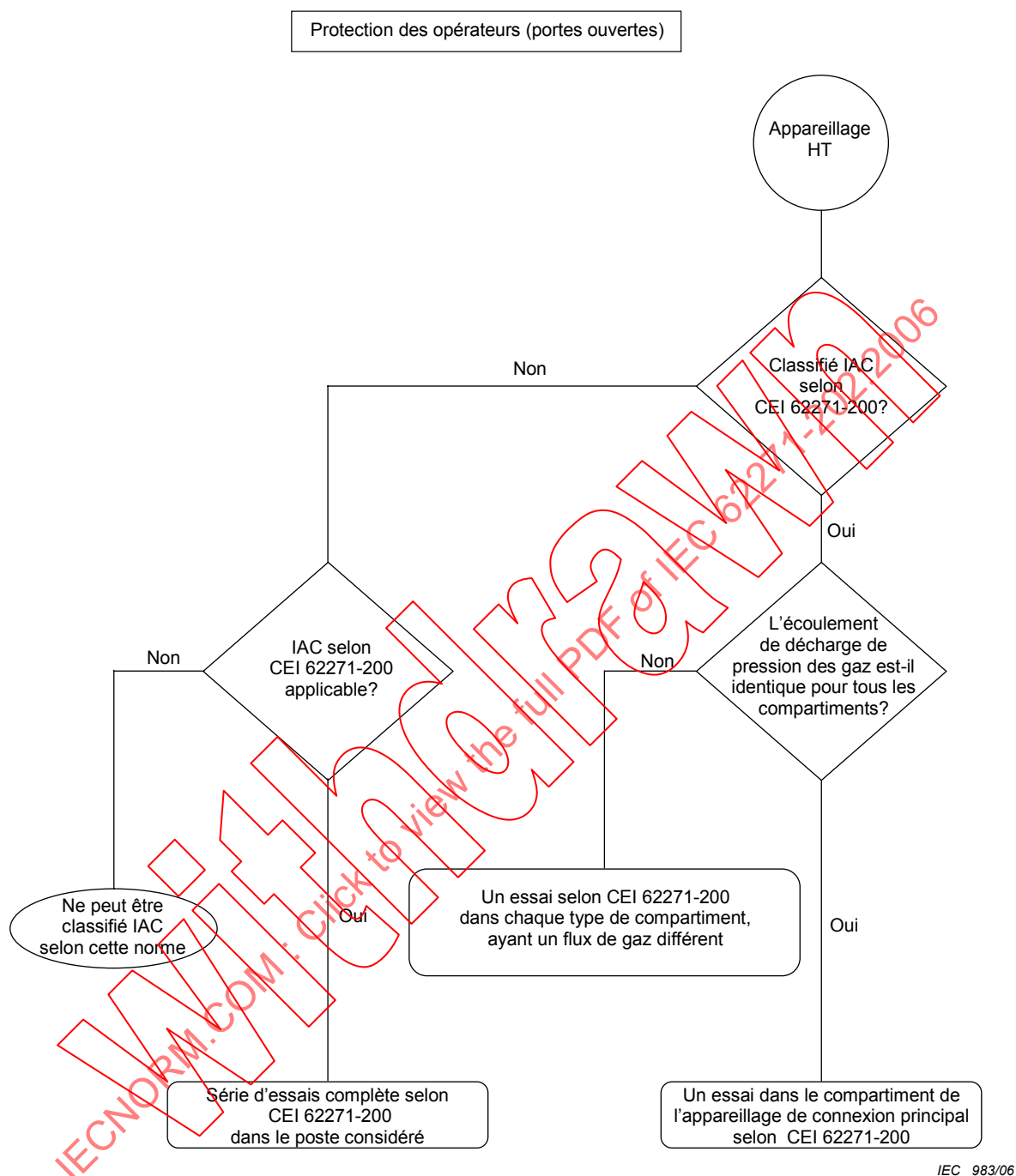


**Figure A.4 – Sélection des essais sur l'appareillage HT pour la classe IAC-A**

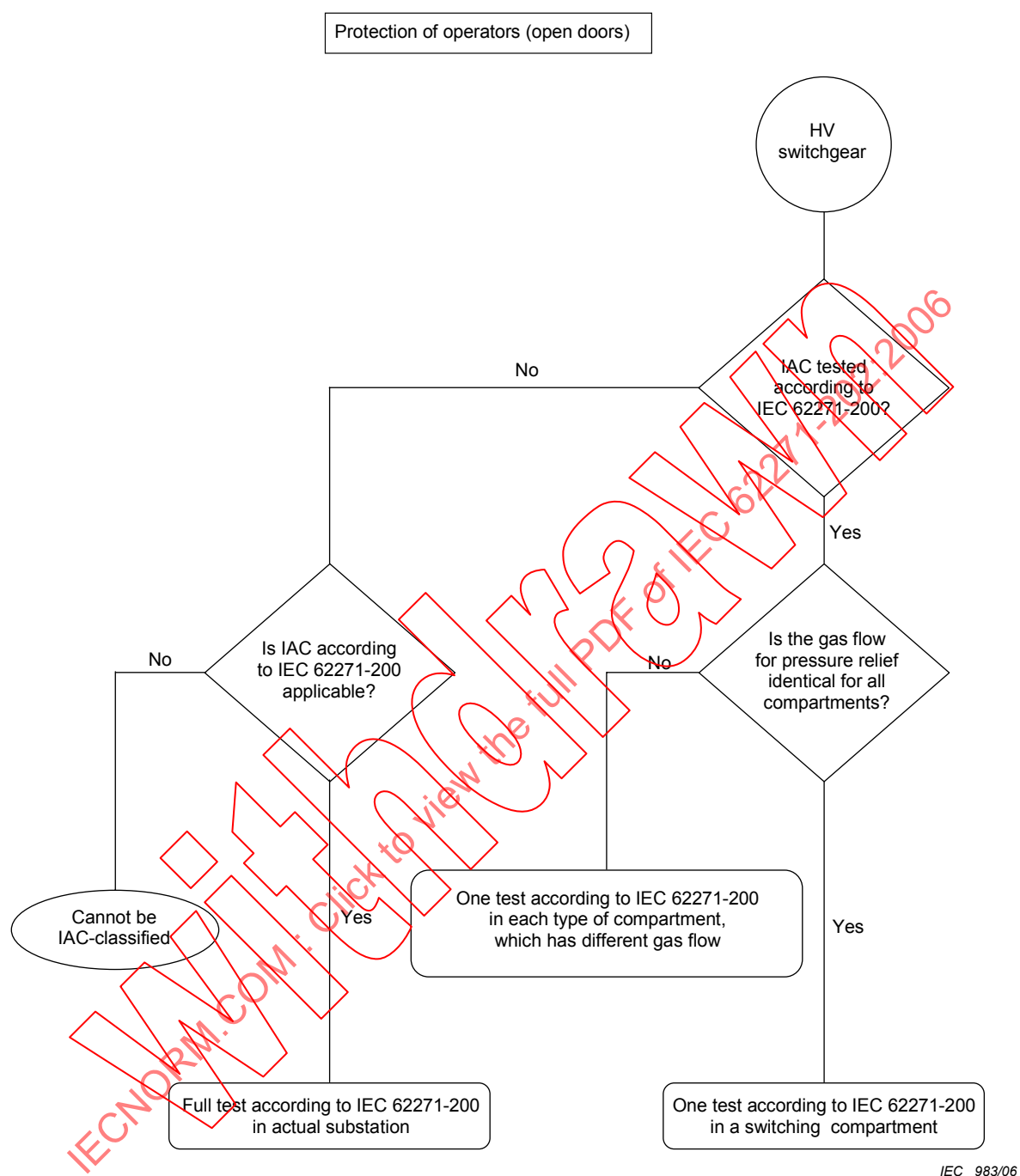


**Figure A.4 – Selection of tests on HV switchgear for class IAC-A**

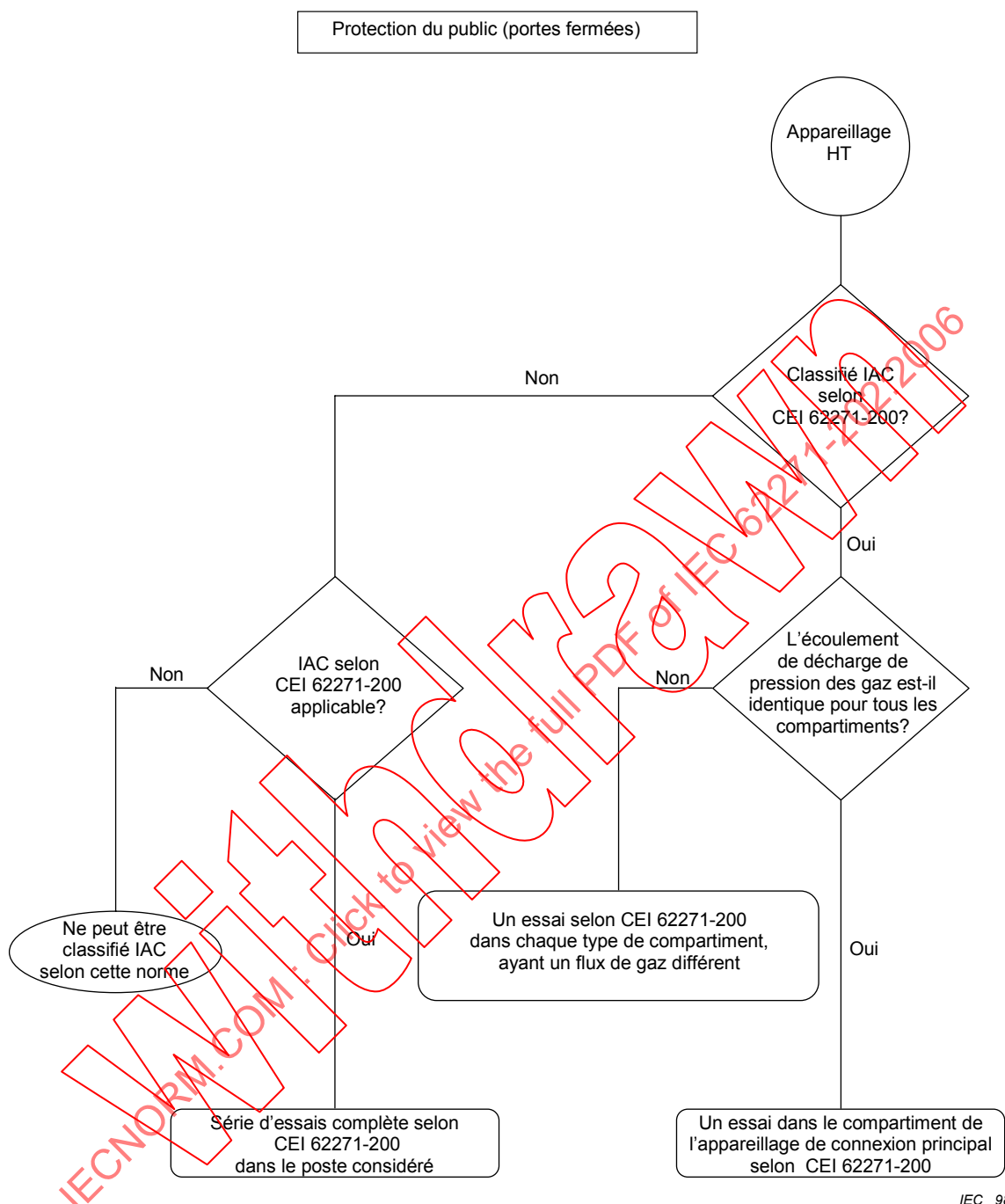


**Figure A.5 – Sélection des essais sur l'appareillage HT pour la classe IAC-B**

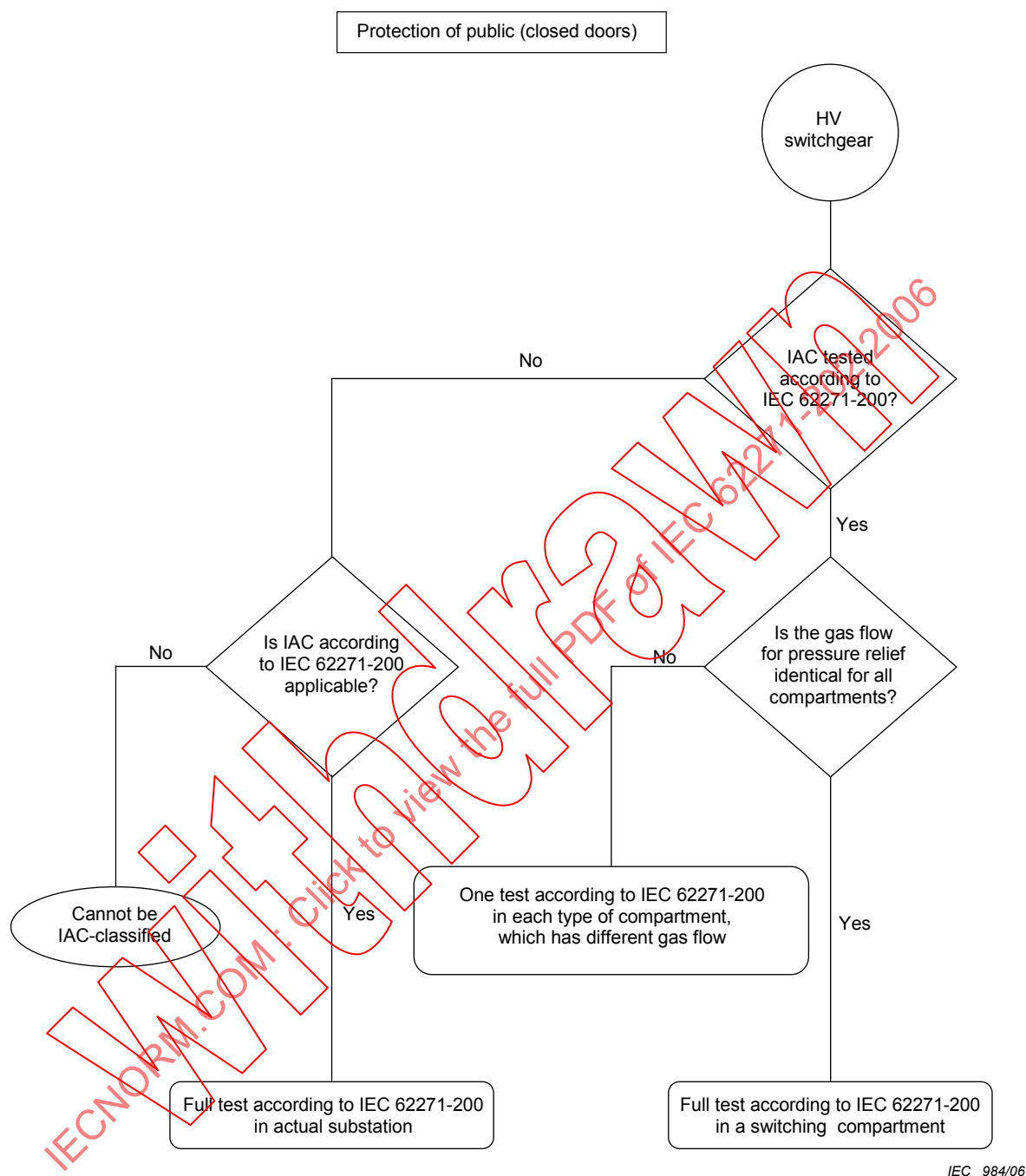
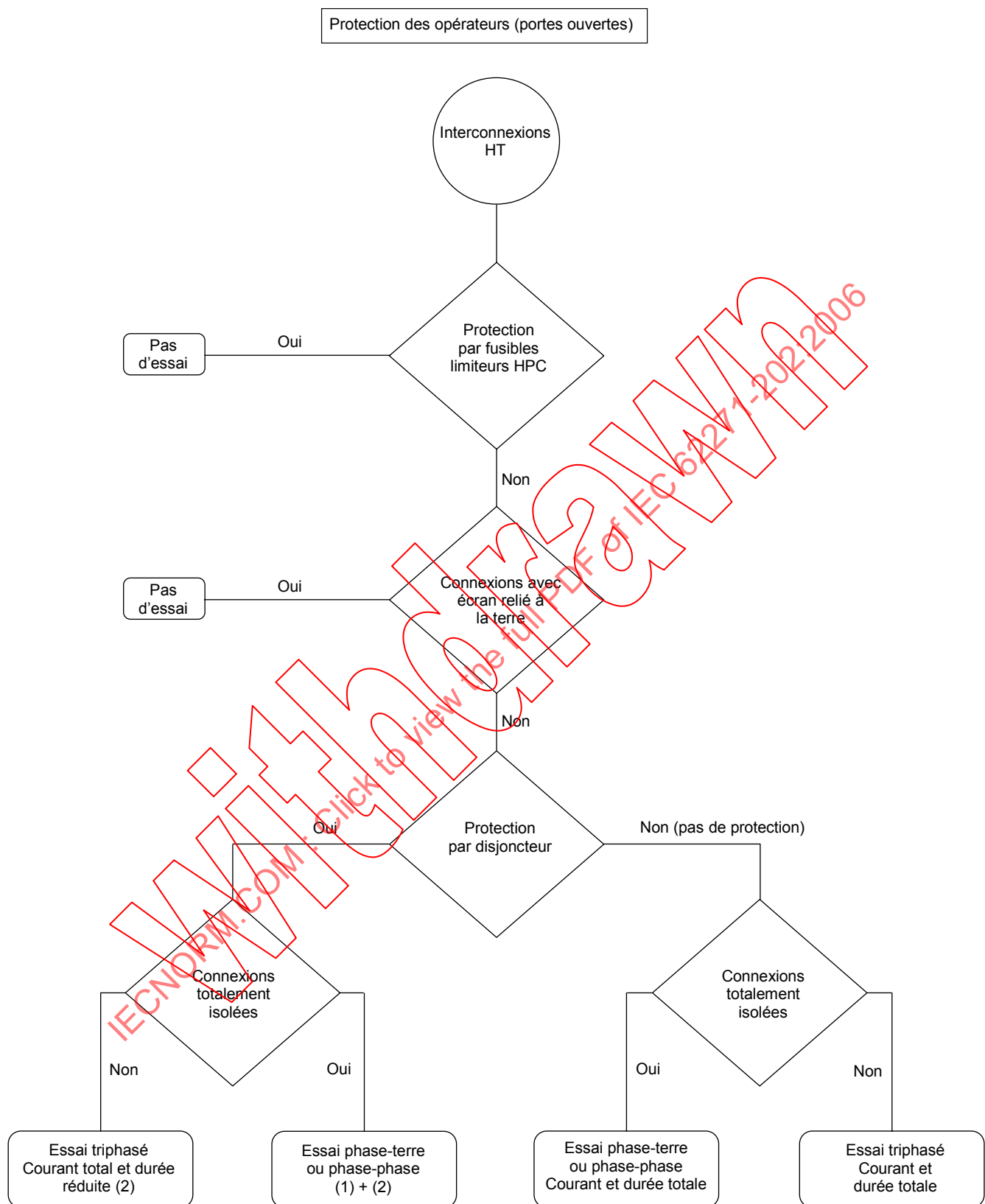


**Figure A.5 – Selection of tests on HV switchgear for class IAC-B**



IEC 985/06

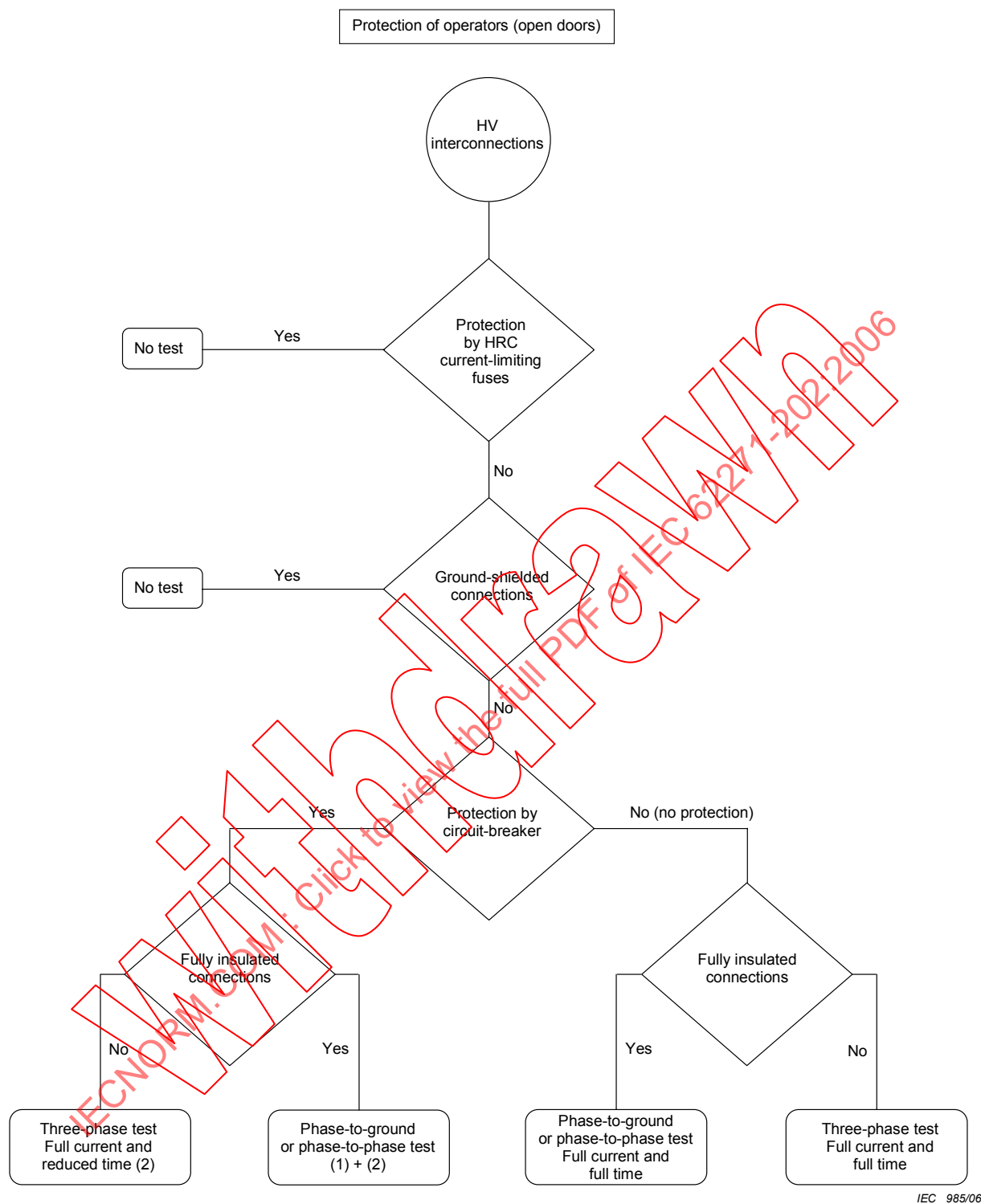
(1) Applicabilité de l'essai phase-terre ou phase-phase selon les critères de A.5.2.1 de la CEI 62271-200.

\* Pour l'essai phase-terre, le constructeur doit donner la valeur du courant.

\* Pour l'essai phase-phase, le courant sera 87% du courant de courte durée assigné.

(2) La durée peut être déclarée par le constructeur, prenant en compte le réglage en temps de la protection.

**Figure A.6 – Sélection des essais sur les interconnexions HT pour la classe IAC-A**



- (1) Applicability of phase to ground or phase to phase test according to the criteria in A.5.2.1 of IEC 62271-200.
- \* For phase to ground test the current value to be stated by the manufacturer.
  - \* For phase to phase test the current will be 87% of the rated short-time withstand current.
- (2) The time may be stated by the manufacturers, taking into account the time-setting of the protection.

**Figure A.6 – Selection of tests on HV interconnections for class IAC-A**