RAPPORT TECHNIQUE

TECHNICAL REPORT

CEI
IEC
61640

Première édition
First edition
1998-07

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Lignes de transport rigides haute tension à isolation gazeuse de tension assignée égale ou supérieure à 72,5 kV

Rigid high-voltage, gas-insulated transmission lines for rated voltage of 72,5 kV and above

Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61640:1998

Numéros des publications

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

Publications consolidées

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

Validité de la présente publication

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

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

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

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

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

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

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

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

Numbering

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

Consolidated publications

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

Validity of this publication

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

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

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

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
  Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
  Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

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

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

* See web site address on title page.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

RAPPORT TECHNIQUE – TYPE 2

TECHNICAL REPORT – TYPE 2

CEI
IEC
61640

Première édition
First edition
1998-07

Lignes de transport rigides haute tension à isolation gazeuse de tension assignée égale ou supérieure à 72,5 kV

Rigid high-voltage, gas-insulated transmission lines for rated voltage of 72,5 kV and above

© IEC 1998 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

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

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE XA

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

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

SOMMAIRE

Pages

AVANT-PROPOS 6

Articles

1 Généralités 10
1.1 Domaine d'application 10
1.2 Références normatives 10

2 Conditions normales et spéciales de service 12
2.1 Installation à l'air libre 12
2.2 Installation enterrée 12
2.3 Installation en tunnel, puits ou situations similaires 14

3 Définitions 14

4 Caractéristiques assignées 16
4.1 Tension assignée 18
4.2 Niveau d'isolement assigné 18
4.3 Fréquence assignée 18
4.4 Courant assigné en service continu, échauffement et capacité de surcharge de courte durée 18
4.5 Courant de courte durée admissible assigné 20
4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné 20
4.7 Durée de court-circuit assignée 20
4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires 20
4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires 20
4.10 Pression assignée de remplissage du gaz pour l'isolement 20

5 Conception et construction 22
5.1 Exigences pour les gaz utilisés dans les LIG 22
5.2 Mise à la terre 22
5.3 Equipements auxiliaires – systèmes de surveillance 24
5.4 Dispositifs de signalisation de basse et haute pression 24
5.5 Plaques signalétiques, identification et marquage 24
5.6 Degré de protection 26
5.7 Défauts internes 28
5.8 Enveloppes 30
5.9 Cloisons 32
5.10 Décharge de pression 32
5.11 Compensation de la dilatation thermique 34
5.12 Protection contre la corrosion des installations enterrées 36
5.13 Vibrations externes 36
5.14 Etanchéité au gaz 36
5.15 Charpentes pour les LIG non enterrées 38

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

CONTENTS

Page

FOREWORD 7

Clause

1 General 11
1.1 Scope 11
1.2 Normative references 11

2 Normal and special service conditions 13
2.1 Installation in open air 13
2.2 Buried installation 13
2.3 Installation in tunnel, shaft or similar situation 15

3 Definitions 15

4 Ratings 17
4.1 Rated voltage 19
4.2 Rated insulation level 19
4.3 Rated frequency 19
4.4 Rated normal current, temperature rise and short time overload capability 19
4.5 Rated short-time withstand current 21
4.6 Rated peak withstand current 21
4.7 Rated duration of short circuit 21
4.8 Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary circuits 21
4.9 Rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary circuits 21
4.10 Rated filling pressure for insulation 21

5 Design and construction 23
5.1 Requirements for gases in GIL 23
5.2 Earthing 23
5.3 Auxiliary equipment – Monitoring systems 25
5.4 Low- and high-pressure signalling devices 25
5.5 Nameplates, identification and marking 25
5.6 Degree of protection 27
5.7 Internal fault 29
5.8 Enclosures 31
5.9 Partitions 33
5.10 Pressure relief 33
5.11 Compensation of thermal expansion 35
5.12 Corrosion protection for buried installations 37
5.13 External vibration 37
5.14 Gas tightness 37
5.15 Supporting structures for non-buried GIL 39

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Articles Pages

6 Essais de type 40
6.1 Généralités 40
6.2 Essais diélectriques 40
6.3 Mesurage de la résistance du circuit principal 46
6.4 Essais d'échauffement 48
6.5 Essais au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible 48
6.6 Vérification du degré de protection des circuits auxiliaires 50
6.7 Epreuves des enveloppes 50
6.8 Essais d'étanchéité au gaz 52
6.9 Essais anticorrosion pour les installations enterrées 54
6.10 Essais spéciaux mécaniques des contacts glissants 56
6.11 Essais de protection contre les intempéries 58
6.12 Essais en cas d'arc dû à un défaut interne 58

7 Essais individuels de série 60
7.1 Essais à fréquence industrielle des circuits principaux 60
7.2 Essais diélectriques des circuits auxiliaires et de commande 60
7.3 Mesurage de la résistance du circuit principal 60
7.4 Mesurage des décharges partielles 60
7.5 Essais de pression des enveloppes 60
7.6 Essais individuels de série d'étanchéité au gaz des systèmes sous pression 62
7.7 Essais anticorrosion pour installations enterrées 62
7.8 Essais sur site 64

8 Guide pour le choix de la LIG selon le service 70

9 Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes 70
9.1 Renseignements à donner dans les appels d'offres et les commandes 70
9.2 Renseignements à donner avec les soumissions 72

10 Règles pour le transport, le stockage, le montage et la maintenance 74
10.1 Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et le montage 74
10.2 Installation 76
10.3 Maintenance 76

11 Sécurité 86
11.1 Aspects électriques 86
11.2 Aspects mécaniques 86
11.3 Aspects thermiques 86
11.4 Aspects liés à la maintenance 86

Annexes

A (informative) Evaluation du courant permanent 88
B (informative) Mise à la terre 98
C (normative) Essais de longue durée des installations enterrées 108
D (normative) Méthodes d'essai de la LIG en cas d'arc dû à un défaut interne 112

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Clause Page

6 Type tests 41
6.1 General 41
6.2 Dielectric tests 41
6.3 Measurement of the resistance of the main circuit 47
6.4 Temperature-rise tests 49
6.5 Short-time and peak withstand current tests 49
6.6 Verification of the degree of protection for auxiliary circuits 51
6.7 Proof tests for enclosures 51
6.8 Gas tightness tests 53
6.9 Anti-corrosion tests for buried installation 55
6.10 Special mechanical test on sliding contacts 57
6.11 Weatherproofing test 59
6.12 Test under conditions of arcing due to internal fault 59

7 Routine tests 61
7.1 Power-frequency voltage tests on the main circuits 61
7.2 Dielectric tests on auxiliary and control circuits 61
7.3 Measurement of the resistance of the main circuit 61
7.4 Partial discharge measurement 61
7.5 Pressure tests of enclosures 61
7.6 Routine gas tightness tests of pressure systems 63
7.7 Anti-corrosion tests for buried installations 63
7.8 Site testing 65

8 Guide to the selection of the GIL for service 71

9 Information to be given with enquiries, tenders and orders 71
9.1 Information with enquiries and orders 71
9.2 Information with tenders 73

10 Rules for transport, storage, installation and maintenance 75
10.1 Conditions during transport, storage and installation 75
10.2 Installation 77
10.3 Maintenance 77

11 Safety 87
11.1 Electrical aspects 87
11.2 Mechanical aspects 87
11.3 Thermal aspects 87
11.4 Maintenance aspects 87

Annexes

A (informative) Estimation of continuous current 89
B (informative) Earthing 99
C (normative) Long-term testing of buried installations 109
D (normative) Methods for testing GIL under conditions of arcing due to an internal fault 113

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

LIGNES DE TRANSPORT RIGIDES HAUTE TENSION À ISOLATION GAZEUSE DE TENSION ASSIGNÉE ÉGALE OU SUPÉRIEURE À 72,5 kV

AVANT-PROPOS

1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) 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. 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 intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes Internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la norme nationale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale 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 tâche principale des comités d'études de la CEI est d'élaborer des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique de l'un des types suivants:

- type 1, lorsque, en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale;
- type 2, lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou lorsque, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat;
- type 3, lorsqu'un comité d'études a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

Les rapports techniques des types 1 et 2 font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales. Les rapports techniques du type 3 ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données qu'ils contiennent ne soient plus jugées valables ou utiles.

La CEI 61640, rapport technique de type 2, a été établie par le sous-comité 17C: Appareillage à haute tension sous enveloppe, du comité d'études 17 de la CEI: Appareillage.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

RIGID HIGH-VOLTAGE, GAS-INSULATED TRANSMISSION LINES FOR RATED VOLTAGE OF 72,5 kV AND ABOVE

FOREWORD

1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical report of one of the following types:

- type 1, when the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts;
- type 2, when the subject is still under technical development or where for any other reason there is the future but no immediate possibility of an agreement on an International Standard;
- type 3, when a technical committee has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

Technical reports of types 1 and 2 are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards. Technical reports of type 3 do not necessarily have to be reviewed until the data they provide are considered to be no longer valid or useful.

IEC 61640, which is a technical report of type 2, has been prepared by subcommittee 17C. High-voltage enclosed switchgear and controlgear, of IEC technical committee 17: Switchgear and controlgear.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Le texte de ce rapport technique est issu des documents suivants:

Projet de comité	Rapport de vote
17C/200/CDV	17C/214/RVC

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

Le présent document est publié dans la série des Rapports techniques de type 2 (conformément au paragraphe G.3.2.2 de la partie 1 des Directives ISO/CEI) comme «norme prospective d'application provisoire» dans le domaine des lignes de transport haute tension à isolation gazeuse en raison de l'urgence d'avoir une indication quant à la manière dont il convient d'utiliser les normes dans ce domaine pour répondre à un besoin déterminé.

Ce document ne doit pas être considéré comme une «Norme internationale». Il est proposé pour une mise en œuvre provisoire, dans le but de recueillir des informations et d'acquérir de l'expérience quant à son application dans la pratique. Il est de règle d'envoyer les observations éventuelles relatives au contenu de ce document au Bureau Central de la CEI.

Il sera procédé à un nouvel examen de ce Rapport technique de type 2 trois ans au plus tard après sa publication, avec la faculté d'en prolonger la validité pendant trois autres années, de la transformer en Norme internationale ou de l'annuler.

Les annexes A et B sont données uniquement à titre d'information.

Les annexes C et D font partie intégrante de ce rapport technique.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

The text of this technical report is based on the following documents:

Committee draft	Report on voting
17C/200/CDV	17C/214/RVC

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

This document is being issued in the type 2 technical report series of publications (according to G.3.2.2 of part 1 of the ISO/IEC Directives) as a "prospective standard for provisional application" in the field of high-voltage, gas-insulated transmission lines because there is an urgent requirement for guidance on how standards in this field should be used to meet an identified need.

This technical report is not be regarded as an "International Standard". It is proposed for provisional application so that information and experience of its use in practice may be gathered. Comments on the content of this document should be sent to the IEC Central Office.

A review of this type 2 technical report will be carried out not later than three years after its publication, with the options of either extension for another three years, conversion into an International Standard or withdrawal.

Annexes A and B are for information only.

Annexes C and D form an integral part of this technical report.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LIGNES DE TRANSPORT RIGIDES HAUTE TENSION À ISOLATION GAZEUSE DE TENSION ASSIGNÉE ÉGALE OU SUPÉRIEURE À 72,5 kV

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

Le présent rapport technique est applicable aux lignes de transport rigides haute tension à isolation gazeuse (LIG) dont l'isolation est réalisée, au moins partiellement, par un gaz isolant non corrosif autre que l'air à la pression atmosphérique, pour courant alternatif de tension assignée égale ou supérieure à 72,5 kV, pour des fréquences de service inférieures ou égales à 60 Hz.

Ce rapport technique est destiné à être utilisé dans les situations où les dispositions de la CEI 60517 ne sont pas adéquates, par exemple dans les cas suivants:

– lorsque toute ou partie de la ligne de transport à isolation gazeuse HT est directement enterrée; ou

– lorsque la ligne de transport à isolation gazeuse HT est située, entièrement ou partiellement, dans une zone accessible au public; ou

– lorsque la ligne de transport à isolation gazeuse HT est longue (typiquement de longueur supérieure ou égale à 500 m).

A chaque extrémité de la ligne de transport à isolation gazeuse HT, un élément spécifique peut être utilisé pour la connexion entre la ligne de transport à isolation gazeuse HT et d'autres matériels tels que traversées, transformateurs, boîtes à câble, parafoudres sous enveloppe métallique ou postes sous enveloppe métallique, auxquels s'applique leur propre spécification.

La ligne de transport à isolation gazeuse HT est, sauf spécification contraire, prévue pour être utilisé dans les conditions normales de service.

Il convient que ce rapport technique soit lu conjointement avec la CEI 60694.

NOTE 1 – Dans le présent rapport technique les «lignes de transport HT à isolation gazeuse» sont désignées par l'abréviation «LIG».

NOTE 2 – Dans ce rapport technique, le mot «gaz» signifie gaz ou mélange gazeux, selon la définition du constructeur.

1.2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour le présent rapport technique. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur le présent rapport technique sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60050(151):1978, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

CEI 60050(441):1984, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 441: Appareillage et fusibles*

CEI 60060-1:1989, *Techniques des essais à haute tension – Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 60068-1:1988, *Essais d'environnement – Première partie: Généralités et guide*

CEI 60071-1:1993, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

RIGID HIGH-VOLTAGE, GAS-INSULATED TRANSMISSION LINES FOR RATED VOLTAGE OF 72,5 kV AND ABOVE

1 General

1.1 Scope

This technical report applies to rigid HV gas-insulated transmission lines (GIL) in which the insulation is obtained, at least partly, by a non-corrosive insulating gas, other than air at atmospheric pressure, for alternating current of rated voltages of 72,5 kV and above, and for service frequencies up to and including 60 Hz.

It is intended that this technical report be used in situations where the provisions of IEC 60517 are not adequate, for example:

– where all or part of the HV gas-insulated transmission line is directly buried; or

– where the HV gas-insulated transmission line is located, wholly or partly, in an area accessible to public; or

– where the HV gas-insulated transmission line is long (typically longer than or equal to 500 m).

At each end of the HV gas-insulated transmission line, a specific element may be used for the connection between the HV gas-insulated transmission line and other equipment like bushings, power transformers, cable boxes, metal-enclosed surge arresters or GIS, covered by their own specification.

Unless otherwise specified, the HV gas-insulated transmission line is designed to be used under normal service conditions.

This technical report should be read in conjunction with IEC 60694.

NOTE 1 – In this technical report, the term "HV gas-insulated transmission line" is abbreviated to "GIL".

NOTE 2 – In this technical report, the word "gas" means gas or gas mixture, as defined by the manufacturer.

1.2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this technical report. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this technical report are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of ISO and IEC maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60050(151):1978, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 151: Electrical and magnetic devices*

IEC 60050(441):1984, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses*

IEC 60060-1:1989, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60068-1:1988, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 60071-1:1993, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

CEI 60270:1981, *Mesure des décharges partielles*

CEI 60287-3-1:1995, *Câbles électriques – Calcul du courant admissible – Partie 3: Sections concernant les conditions de fonctionnement – Section 1: Conditions de fonctionnement de référence et sélection du type de câble*

CEI 60376:1971, *Spécifications et réception de l'hexafluorure de soufre neuf*

CEI 60376A:1973, Premier complément

CEI 60376B:1974, Deuxième complément

CEI 60480:1974, *Guide relatif au contrôle de l'hexafluorure de soufre (SF_6) prélevé sur le matériel électrique*

CEI 60517:1990, *Appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse de tension assignée égale ou supérieure à 72,5 kV*

CEI 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (code IP)*

CEI 60694:1996, *Spécifications communes aux normes de l'appareillage à haute tension*

CEI 61634:1995, *Appareillage à haute tension – Utilisation et manipulation de gaz hexafluorure de soufre (SF_6) dans l'appareillage à haute tension*

2 Conditions normales et spéciales de service

Se référer à l'article 2 de la CEI 60694, avec la modification suivante:

Quelle que soit l'altitude, les caractéristiques diélectriques de l'isolation interne sont identiques à celles qui sont mesurées au niveau de la mer. Pour cette isolation, par conséquent, aucune exigence n'est applicable concernant l'altitude.

Lorsqu'elle est applicable, la surcharge temporaire et la température ambiante correspondante doivent être définies par accord entre constructeur et utilisateur.

Les conditions normales de service applicables à une LIG dépendent des conditions d'installation, décrites en 2.1, 2.2 et 2.3. Lorsque plusieurs modes d'installation sont employés, les paragraphes qui conviennent doivent s'appliquer à chaque tronçon de la LIG.

2.1 Installation à l'air libre

Pour la détermination des caractéristiques assignées des LIG dans le cas d'une installation à l'air libre, les conditions normales de service de la CEI 60694 doivent s'appliquer. Ces conditions sont aussi valables dans le cas des tranchées ouvertes.

Si les conditions réelles de service diffèrent des conditions normales de service, les caractéristiques assignées doivent être adaptées en conséquence.

2.2 Installation enterrée

Des valeurs typiques de résistivité thermique et de température du sol sont:

– 1,2 K · m/W, et 20 °C en été;
– 0,85 K · m/W, et 10 °C en hiver.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

IEC 60270:1981, *Partial discharge measurements*

IEC 60287-3-1:1995, *Electric cables – Calculation of the current rating – Part 3: Sections on operating conditions – Section 1: Reference operating conditions and selection of cable type*

IEC 60376:1971, *Specification and acceptance of new sulphur hexafluoride*

IEC 60376A:1973, First supplement

IEC 60376B:1974, Second supplement

IEC 60480:1974, *Guide to the checking of sulphur hexafluoride (SF_6) taken from electrical equipment*

IEC 60517:1990, *Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages of 72,5 kV and above*

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60694:1996, *Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards*

IEC 61634:1995, *High-voltage switchgear and contolgear – Use and handling of sulphur hexafluoride (SF_6) in high-voltage switchgear and controlgear*

2 Normal and special service conditions

Refer to clause 2 of IEC 60694, with the following modification:

At any altitude the dielectric characteristics of the internal insulation are identical with those measured at sea-level. For this insulation, therefore, no requirements concerning the altitude are applicable.

When applicable, temporary overload and coincident ambient temperature shall be agreed between manufacturer and user.

The normal service conditions which apply to a GIL depend on the installation conditions as given in 2.1, 2.2 and 2.3. When more than one of these installation conditions apply, the relevant subclause shall apply to each section of the GIL.

2.1 Installation in open air

For determining the ratings of GIL for open air installation, the normal service conditions of IEC 60694 shall apply. These conditions are also valid for open trenches.

If the actual service conditions differ from the normal service conditions, the ratings shall be adapted accordingly.

2.2 Buried installation

Typical values for thermal resistivity, and soil temperature are:

– 1,2 K · m/W, and 20 °C in summer;

– 0,85 K · m/W, and 10 °C in winter.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

A titre de guide, les valeurs données dans la CEI 60287-3-1, annexe A, peuvent être prises en compte.

NOTE 1 – Pour des lignes de transport longues (plusieurs kilomètres) il est également recommandé d'envisager des mesures de résistivité du sol sur site.

NOTE 2 – L'utilisation d'un remblai contrôlé avec une résistivité de sol donnée peut également être considérée.

NOTE 3 – Un risque d'emballement thermique existe si le sol environnant la LIG enterrée s'assèche. On considère généralement qu'une température maximale de l'enveloppe en service entre 50 °C et 60 °C permet d'éviter l'assèchement du sol.

La profondeur de pose doit être définie par accord entre constructeur et utilisateur. La détermination de la profondeur de pose doit prendre en compte les contraintes thermomécaniques, les exigences de sécurité et les contraintes réglementaires locales.

2.3 Installation en tunnel, puits ou situations similaires

Un système de refroidissement forcé est généralement nécessaire; celui-ci doit prendre en compte les pertes totales dissipées dans le tunnel. Ces pertes doivent être celles qui correspondent au courant assigné pour les LIG et aux caractéristiques assignées pour les autres sources.

NOTE – Il convient de restreindre l'accès au tunnel pour l'exploitation dans les conditions suivantes:

- en cas de surcharge temporaire;
- en cas de perte de ventilation;
- en cas de température excessive dans le tunnel;
- quand la concentration en gaz excède les niveaux mentionnés dans la réglementation locale.

Dans le cas d'un long puits vertical, il est nécessaire de veiller aux gradients de température et de densité, particulièrement lorsqu'un mélange gazeux est employé.

3 Définitions

Pour les besoins du présent rapport technique, les définitions données dans la CEI 60050(441), la CEI 60050(151) et la CEI 60694, s'appliquent, de même que les définitions données ci-dessous.

3.1
zone accessible au public
zone dont l'accès n'est pas strictement limité au personnel autorisé. On considère qu'une LIG posée en surface à l'extérieur d'un poste électrique est «installée dans une zone accessible au public»

3.2
lignes de transport à isolation gazeuse (LIG)
lignes sous enveloppe métallique dans lesquelles l'isolation est obtenue, au moins partiellement, par un gaz isolant autre que l'air à la pression atmosphérique, et dont l'enveloppe externe est destinée à être mise à la terre

3.3
enveloppe
partie d'une ligne à isolation gazeuse contenant le gaz isolant dans les conditions prescrites nécessaires pour conserver avec sûreté le niveau d'isolement assigné, protégeant l'équipement contre les effets extérieurs et procurant un haut degré de protection pour les personnes

3.4
compartiment
partie d'une ligne à isolation gazeuse entièrement fermée à l'exception des ouvertures nécessaires aux connexions et à la commande

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

For guidance, values given in IEC 60287-3-1, annex A may be considered.

NOTE 1 – For long distance transmission lines (several kilometres) site measurement of soil resistivity should also be considered.

NOTE 2 – The use of controlled backfill with a given soil resistivity may also be considered.

NOTE 3 – A risk of thermal runaway exists if the soil surrounding the buried GIL becomes dry. In order not to dry out the soil, a maximum service temperature of the enclosure in the 50 °C to 60 °C range is generally considered.

The depth of laying shall be agreed between manufacturer and user. The determination of depth of laying shall take into account thermomechanical stresses, safety requirements and local regulations.

2.3 Installation in tunnel, shaft or similar situation

Forced cooling will generally be necessary; it shall take into account the total losses in the tunnel. Losses shall be those at rated current for the GIL and rated conditions for other sources.

NOTE – Access to the tunnel for service should be restricted under the following conditions:

- in case of temporary overload;
- in case of loss of ventilation;
- in case of excessive temperature within the tunnel;
- when gas concentration exceeds levels stated in local regulations.

In the case of long vertical shafts, attention shall be paid to thermal and density gradients, especially if a gas mixture is used.

3 Definitions

For the purpose of this technical report, the definitions in IEC 60050(441), IEC 60050(151) and IEC 60694 as well as the following definitions apply.

3.1
area accessible to public
access not strictly restricted to authorized personnel. A GIL installed above ground and outside a substation is considered to be "installed in an area accessible to public"

3.2
gas-insulated transmission lines (GIL)
metal-enclosed lines in which the insulation is obtained, at least partly, by an insulating gas other than air at atmospheric pressure, with the external enclosure intended to be earthed

3.3
enclosure
a part of gas-insulated line retaining the insulating gas under the prescribed conditions necessary to maintain safely the rated insulation level, protecting the equipment against external influences and providing a high degree of protection to personnel

3.4
compartment
part of gas-insulated line, totally enclosed except for openings necessary for interconnection and control

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.5
cloison
partie d'une ligne à isolation gazeuse séparant un compartiment des autres

3.6
circuit principal
toutes les parties conductrices d'une ligne à isolation gazeuse qui font partie d'un circuit destiné à transporter l'énergie électrique

3.7
température de l'air ambiant (de la ligne à isolation gazeuse)
température, déterminée dans des conditions prescrites, de l'air qui entoure l'enveloppe externe de la ligne à isolation gazeuse dans le cas de la pose en surface, tranchées ouvertes ou tunnels

3.8
température de calcul (de l'enveloppe)
température maximale pouvant être atteinte par l'enveloppe dans les conditions de service

3.9
pression de calcul (de l'enveloppe)
pression retenue pour déterminer l'épaisseur de l'enveloppe

3.10
décharge disruptive
phénomènes associés à la défaillance de l'isolation sous l'action d'une contrainte électrique, dans lesquels la décharge court-circuite complètement l'isolation en essai, réduisant la tension entre électrodes à une valeur nulle ou presque nulle

NOTE 1– Ce terme s'applique à la rupture des diélectriques solides, liquides ou gazeux et à leurs combinaisons.

NOTE 2 – Une décharge disruptive dans un diélectrique solide occasionne la perte définitive de la rigidité diélectrique (isolation non autorégénératrice); dans les diélectriques liquides ou gazeux, cette perte peut n'être que momentanée (isolation autorégénératrice).

NOTE 3 – Le terme «amorçage» est utilisé lorsque la décharge disruptive se produit dans un diélectrique gazeux ou liquide. Le terme «contournement» est utilisé lorsque la décharge disruptive longe la surface d'un diélectrique solide entouré d'un gaz ou d'un liquide isolant. Le terme «contournement» est utilisé lorsque la décharge disruptive se produit à travers un diélectrique solide.

4 Caractéristiques assignées

Les caractéristiques assignées d'une LIG sont les suivantes:

a) tension assignée et nombre de phases;

b) niveau d'isolement assigné;

c) fréquence assignée;

d) courant assigné en service continu (pour les circuits principaux);

e) courant de courte durée admissible assigné (pour les circuits principaux et les circuits de mise à la terre);

f) valeur de crête du courant admissible assigné (pour les circuits principaux et les circuits de mise à la terre);

g) durée de court-circuit assignée;

h) valeurs assignées des matériels faisant partie de la LIG, y compris l'équipement auxiliaire;

i) pression assignée de remplissage pour l'isolement du gaz isolant.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.5
partition
part of gas-insulated line separating one compartment from other compartments

3.6
main circuit
all conductive parts of gas-insulated line included in a circuit which is intended to transmit electrical energy

3.7
ambient air temperature (of gas-insulated line)
temperature, determined under prescribed conditions, of the air surrounding the external enclosure of gas-insulated line in case of installation in open air, open trenches or tunnels

3.8
design temperature (of the enclosure)
highest temperature which can be reached by the enclosure under service conditions

3.9
design pressure (of the enclosure)
pressure used to determine the thickness of the enclosure

3.10
disruptive discharge
phenomena associated with the failure of insulation under electric stress, in which the discharge completely bridges the insulation under test, reducing the voltage between the electrodes to zero or almost zero

NOTE 1 – The term applies to discharges in solid, liquid and gaseous dielectrics and to combinations of these.

NOTE 2 – A disruptive discharge in a solid dielectric produces permanent loss of dielectric strength (non-self-restoring insulation); in a liquid or gaseous dielectric, the loss may be only temporary (self-restoring insulation).

NOTE 3 – The term "sparkover" is used when a disruptive discharge occurs in a gaseous or liquid dielectric. The term "flashover" is used when a disruptive discharge occurs over the surface of a solid dielectric in a gaseous or liquid medium. The term "puncture" is used when a disruptive discharge occurs through a solid dielectric.

4 Ratings

The rating of a GIL consists of the following:

a) rated voltage and number of phases;
b) rated insulation level;
c) rated frequency;
d) rated normal current (for main circuits);
e) rated short-time withstand current (for main and earthing circuits);
f) rated peak withstand current (for main and earthing circuits);
g) rated duration of short-circuit;
h) rated values of the components forming part of a GIL, including auxiliary equipment;
i) rated filling pressure for insulation of insulating gas.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

4.1 Tension assignée

Se référer à la CEI 60694.

4.2 Niveau d'isolement assigné

Le niveau d'isolement doit être choisi dans la CEI 60071-1.

Les niveaux d'isolement convenables dépendent de différents paramètres tels que les surtensions, réflections de tension, etc. Il est recommandé d'effectuer des études de co-ordination d'isolement spécifiques pour chaque installation.

Bien que l'on puisse, dans une grande mesure, éviter des défauts internes par le choix d'un niveau d'isolement convenable, il est recommandé d'envisager des moyens de limitation des surtensions externes (parafoudres, éclateurs de protection) à chaque extrémité de l'installation.

4.3 Fréquence assignée

Se référer à 4.3 de la CEI 60694

4.4 Courant assigné en service continu, échauffement et capacité de surcharge de courte durée

4.4.1 Courant assigné en service continu

Se référer au 4.4.1 de la CEI 60694 en ajoutant l'alinéa suivant:

Le courant assigné en service continu est défini pour un seul circuit triphasé installé en surface pour une température de l'air ambiant de 40 °C. Pour les autres conditions d'installation, voir l'annexe A.

4.4.2 Echauffement

Se référer au 4.4.2 de la CEI 60694 en ajoutant le complément suivant:

La température de n'importe quelle partie du CIG ne doit pas excéder les limites de température du tableau 3 de la CEI 60694, dans les conditions spécifiées.

La température des enveloppes ne doit pas dépasser la température maximale admissible pour le revêtement anticorrosion, le cas échéant.

L'échauffement des matériels contenus dans la LIG qui font l'objet de normes hors du domaine d'application de la CEI 60694 ne doit pas dépasser les limites d'échauffement autorisées par la norme particulière à ces matériels.

Pour les installations à l'air libre, la température maximale des enveloppes ne doit pas dépasser 80 °C.

Pour les installations directement enterrées, la température maximale des enveloppes doit être limitée de manière à éviter l'assèchement du sol. Une température comprise entre 50 °C et 60 °C est généralement prise en compte.

Pour les installations en tunnel et dans des puits, la température maximale des enveloppes ne doit pas dépasser 70 °C.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

4.1 Rated voltage

Refer to IEC 60694.

4.2 Rated insulation level

Rated insulation levels shall be chosen from IEC 60071-1.

Suitable insulation levels depend on parameters such as overvoltages, voltage reflections, etc. Specific insulation coordination studies are recommended for each installation.

Although internal faults can largely be avoided by the choice of a suitable insulation level, measures to limit external overvoltages at each end of the installation (surge arresters, protective sparkgaps) should be considered.

4.3 Rated frequency

Refer to 4.3 of IEC 60694.

4.4 Rated normal current, temperature rise and short time overload capability

4.4.1 Rated normal current

Refer to 4.4.1 of IEC 60694 with the addition of the following paragraph:

The rated normal current is defined for a single, three-phase circuit installed above ground with an ambient air temperature at 40 °C. For other installation conditions, see annex A.

4.4.2 Temperature rise

Refer to 4.4.2 of IEC 60694 with the addition of the following supplement:

The temperature of any part of the GIL shall not exceed the maximum temperature given in IEC 60694, table 3, under the specified conditions.

The temperature of the enclosure shall not exceed the maximum allowable temperature of the anti-corrosion coating if applicable.

The temperature rise of components contained in the GIL which are subject to standards not covered by the scope of IEC 60694 shall not exceed the temperature-rise limits permitted in the relevant standard for those components.

For open air installations, the maximum temperature of the enclosure shall not exceed 80 °C.

For direct buried installation, the maximum temperature of the enclosure shall be limited to avoid soil drying. A temperature in the 50 °C and 60 °C range is generally considered.

For tunnel and shaft installations, the maximum temperature for the enclosure shall not exceed 70 °C.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

4.4.3 Exigences particulières pour l'échauffement

Lorsque le diélectrique employé est un gaz non oxydant, les limites de température et d'échauffement spécifiées au tableau 3 de la CEI 60694 pour le SF_6 doivent être utilisées.

Lorsque le diélectrique employé est de l'air sous pression, les limites de température et d'échauffement spécifiées au tableau 3 de la CEI 60694 pour l'air doivent être utilisées.

Lorsque le diélectrique employé est un gaz oxydant (autre que l'air), des limites de température et d'échauffement plus basses doivent être définies par accord entre constructeur et utilisateur.

4.4.4 Capacité de surcharge de courte durée

Les conditions de surcharge temporaire doivent être définies par accord entre constructeur et utilisateur, en tenant compte des circonstances particulières (facteur et durée de la surcharge, température ambiante, conditions initiales, limites d'augmentation de température acceptables en surcharge, conditions de pose, etc.).

4.5 Courant de courte durée admissible assigné

Se référer au 4.5 de la CEI 60694.

Lors du choix de la valeur du courant de courte durée admissible assigné pour une installation, ou pour une partie d'une installation, il peut être tenu compte du fait que le courant maximal de défaut dans un circuit décroît à mesure que la distance depuis le poste augmente.

4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné

Se référer au 4.6 de la CEI 60694.

4.7 Durée de court-circuit assignée

Se référer au 4.7 de la CEI 60694.

4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires

Se référer au 4.8 de la CEI 60694.

4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires

Se référer au 4.9 de la CEI 60694 en ajoutant l'alinéa suivant:

La fréquence assignée d'alimentation des circuits auxiliaires est la fréquence pour laquelle sont déterminées les conditions de fonctionnement et d'échauffement de ces dispositifs et de ces circuits.

4.10 Pression assignée de remplissage du gaz pour l'isolement

Se référer à la CEI 60694 en ajoutant l'alinéa suivant:

Plusieurs valeurs assignées et minimales de pression du gaz pour l'isolement peuvent être définies pour une LIG, qui diffèrent d'un compartiment à l'autre.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

4.4.3 Particular requirements for temperature rise

Where a non-oxidizing gas is used as the dielectric, the limits of the temperature and temperature rise shall be as specified for SF_6 in table 3 of IEC 60694.

Where compressed air is used as the dielectric, the limits of the temperature and temperature rise shall be as specified for air in table 3 of IEC 60694.

Where an oxidizing gas (other than air) is used as the dielectric, lower limits of temperature and temperature rise shall be agreed between manufacturer and user.

4.4.4 Short time overload capability

The conditions of temporary overload shall be agreed between manufacturer and user under consideration of the special circumstances (overload factor and duration, ambient temperature, initial conditions, increase in temperature limits for overload condition, laying conditions etc.).

4.5 Rated short-time withstand current

Refer to 4.5 of IEC 60694.

In selecting a rated short-time withstand current for an installation, or part of an installation, consideration may be given to the fact that the maximum fault current in a circuit reduces as the distance from the substation increases.

4.6 Rated peak withstand current

Refer to 4.6 of IEC 60694.

4.7 Rated duration of short circuit

Refer to 4.7 of IEC 60694.

4.8 Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary circuits

Refer to 4.8 of IEC 60694.

4.9 Rated supply frequency of closing and opening devices and of auxiliary circuits

Refer to 4.9 of IEC 60694 with the addition of the following paragraph:

The rated supply frequency of auxiliary circuits is the frequency at which the conditions of operation and temperature rise of these devices and circuits are determined.

4.10 Rated filling pressure for insulation

Refer to IEC 60694 with addition of the following paragraph:

GIL may have several rated and minimum gas pressures for insulation, differing from one compartment to another.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

5 Conception et construction

Tout matériel qui nécessite une maintenance préventive systématique ou des essais de contrôle doit être aisément accessible.

Les LIG doivent être conçues de telle manière que les opérations normales d'exploitation, de contrôle et de maintenance, puissent être effectuées sans risque, y compris la vérification de la séquence des phases après installation et après extension.

La conception de l'équipement doit être telle que les efforts mécaniques provoqués par toutes les charges applicables, comme par exemple la dilatation thermique, le déplacement admissible des fondations, les vibrations externes, les tremblements de terre, le chargement des sols, le vent et la glace, ne réduisent pas les caractéristiques assignées de l'équipement.

Tous les matériels de construction et de caractéristiques identiques susceptibles de nécessiter d'être remplacés doivent être interchangeables.

5.1 Exigences pour les gaz utilisés dans les LIG

Se référer au 5.2 de la CEI 60694.

NOTE – Pour le contrôle de l'hexafluorure de soufre, se référer à la CEI 60480.

5.2 Mise à la terre

Se référer au 5.3 de la CEI 60694.

5.2.1 Mise à la terre des circuits principaux

Pour assurer la sécurité lors de travaux de maintenance, toutes les parties des circuits principaux auxquelles il est prévu ou nécessaire d'accéder doivent pouvoir être mises à la terre. De plus, il doit être possible, après ouverture de l'enveloppe, de raccorder des prises de terre pendant la durée des travaux.

La mise à la terre peut être réalisée par

a) des sectionneurs de terre avec un pouvoir de fermeture égal à la valeur de crête du courant admissible assigné, si l'on n'a pas la certitude de la mise hors tension du circuit raccordé;

b) des sectionneurs de terre sans pouvoir de fermeture ou avec un pouvoir de fermeture inférieur à la valeur de crête du courant admissible assigné, si l'on a la certitude de la mise hors tension du circuit raccordé;

c) des dispositifs amovibles de mise à la terre, seulement après accord entre constructeur et utilisateur.

Chaque partie dont la déconnexion est possible doit pouvoir être mise à la terre.

Il est nécessaire de veiller à ce que le dispositif de mise à la terre initiale soit capable de dissiper le niveau maximal de la charge susceptible d'être piégée sur le circuit isolé.

Lorsque les sectionneurs de terre font partie du poste raccordé à la ligne de transport, l'utilisateur doit garantir qu'ils respectent les paragraphes a) à c).

5.2.2 Mise à la terre de l'enveloppe

Les enveloppes doivent pouvoir être connectées à la terre. Toutes les parties métalliques prévues pour être mises à la terre et ne faisant pas partie d'un circuit principal ou auxiliaire doivent être connectées à la terre. Pour l'interconnexion des enveloppes, châssis, etc., l'assemblage (par exemple par boulonnage ou soudage) est considéré comme suffisant pour assurer la continuité électrique.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

5 Design and construction

Any component which requires routine preventive maintenance or diagnostic testing shall be easily accessible.

GIL shall be designed so that normal service, inspection and maintenance operations can be carried out safely, including the checking of phase sequence after erection and extension.

The equipment shall be designed such that the mechanical stress caused by all relevant loads, for example thermal expansion, agreed permitted movement of foundations, external vibration, earthquakes, soil loading, wind and ice do not impair the assigned performance of the equipment.

All components of the same rating and construction which may need to be replaced shall be interchangeable.

5.1 Requirements for gases in GIL

Refer to 5.2 of IEC 60694.

NOTE – For checking of sulphur hexafluoride in service, refer to IEC 60480.

5.2 Earthing

Refer to 5.3 of IEC 60694.

5.2.1 Earthing of main circuits

To ensure safety during maintenance work all parts of the main circuits to which access is required or provided shall be capable of being earthed. In addition, it shall be possible, after the opening of the enclosure, to connect earth electrodes for the duration of the work.

Earthing may be made by

a) earthing switches with a making current capacity equal to the rated peak withstand current, if there is no certainty that the circuit connected is not live;
b) earthing switches without a making current capacity or with a making capacity lower than the rated peak withstand current, if there is certainty that the circuit connected is not live;
c) removable earthing devices, only by agreement between manufacturer and user.

Each part being capable of being disconnected shall be capable of being earthed.

Consideration shall be given to the ability of the first operated earthing device to dissipate the maximum level of trapped charge on the isolated circuit.

Where the earthing switches form part of the plant connected to the transmission line, the user shall ensure that they comply with the paragraphs a) to c).

5.2.2 Earthing of the enclosure

The enclosures shall be capable of being connected to earth. All metal parts intended to be earthed, which do not belong to a main or an auxiliary circuit, shall be connected to earth. For the interconnection of enclosures, frames, etc., fastening (e.g. bolting or welding) is acceptable for providing electrical continuity.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

La continuité des circuits de mise à la terre doit être assurée compte tenu des sollicitations thermiques et électriques causées par les courants susceptibles de les traverser.

La mise à la terre des LIG peut être effectuée de différentes façons (mise en court-circuit et à la terre des enveloppes à chaque extrémité, ou en un seul point, permutation). La solution choisie a une influence sur la dissipation thermique, les tensions en régime permanent, le champ magnétique externe. Ceux-ci sont considérés à l'annexe B.

La conception de la mise à la terre des enveloppes doit être compatible avec les mesures de protection contre la corrosion pour les LIG enterrées.

5.3 Equipements auxiliaires – systèmes de surveillance

Se référer au 5.4 de la CEI 60694.

5.4 Dispositifs de signalisation de basse et haute pression

Des moyens doivent être fournis pour la surveillance de la pression ou de la densité du gaz, en prenant en compte les normes de la CEI qui s'appliquent. Il est recommandé que des signaux soient délivrés lorsque la pression du gaz pour l'isolation a baissé jusqu'à la pression d'alarme pour l'isolement et jusqu'à la pression minimale fonctionnelle pour l'isolement, ou augmenté jusqu'à la valeur maximale dans le cas d'un système à pression entretenue, définies par le constructeur.

5.5 Plaques signalétiques, identification et marquage

5.5.1 Plaques signalétiques

Pour les installations extérieures, les plaques signalétiques et leurs fixations doivent être résistantes aux intempéries et à la corrosion.

Chaque extrémité de l'installation, ainsi que chaque point où des interventions sont nécessaires à l'exploitation, doivent être muni d'une plaque signalétique complète. Ces plaques signalétiques doivent contenir les renseignements suivants:

– nom du constructeur ou marque de fabrique;
– désignation du type ou numéro de série;
– tension assignée;
– courant assigné en service continu de l'installation;
– courant de courte durée admissible assigné de l'installation;
– fréquence assignée;
– pression assignée pour l'isolement; pression minimale fonctionnelle pour l'isolement; pression de calcul pour les enveloppes;
– nature du gaz.

NOTE– Il n'est pas utile de faire apparaître le mot «assigné» sur les plaques signalétiques.

5.5.2 Marquage métrique

Si l'installation a une longueur supérieure à 500 m, elle doit être munie d'un marquage métrique.

5.5.3 Identification du matériel

Comme les caractéristiques de différents tronçons peuvent être différentes, les enveloppes ou leur revêtement, le cas échéant, doivent être munies d'un marquage. La distance maximale entre deux marquages doit être définie par accord entre constructeur et utilisateur.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

The continuity of the earthing circuits shall be ensured taking into account the thermal and electrical stresses caused by the current they may have to carry.

The earthing of the GIL may be done in different ways (solid bonding, single-point bonding, cross-bonding). The chosen solution has an influence on heat dissipation, standing voltages and the external magnetic field. These are discussed in annex B.

The design of the earthing of the enclosure shall be compatible with the measures for corrosion protection when the GIL is buried.

5.3 Auxiliary equipment – Monitoring systems

Refer to 5.4 of IEC 60694.

5.4 Low- and high-pressure signalling devices

Means shall be provided for monitoring gas pressure or gas density, taking into account the relevant IEC standards. It is recommended that signals be provided when the gas pressure for insulation has fallen to the alarm pressure for insulation and to the minimum functional pressure for insulation, or risen to the maximum value in the case of controlled pressure system, as defined by the manufacturer.

5.5 Nameplates, identification and marking

5.5.1 Nameplates

For outdoor installation, the nameplates and their fixings shall be weather-proof and corrosion proof.

A complete nameplate shall be provided at each end of the installation, and at each point where service is needed. These nameplates shall contain the following information:

– manufacturer's name or trade mark;
– type designation or serial number;
– rated voltage;
– rated normal currents for the installation;
– rated short-time withstand current for the installation;
– rated frequency;
– rated filling pressure for insulation; minimum functional pressure for insulation; design pressure for enclosures;
– type of gas.

NOTE – The word "rated" need not appear on the nameplates.

5.5.2 Metric markings

If the installation is more than 500 m long, metric marking shall be provided.

5.5.3 Equipment identification

Since characteristics of different sections may be different, a marking shall be provided on the enclosure, or on the coating of the enclosure, if any. The maximum distance between two identification markings shall be agreed between manufacturer and user.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Les marquages doivent être durables et clairement lisibles, et contenir les informations suivantes:

– nom du constructeur ou marque de fabrique;
– désignation du type;
– tension assignée;
– nature du gaz et pression assignée de remplissage pour l'isolement.

5.5.4 Identification pour le public

Si l'installation est située dans une zone accessible au public, il convient de munir l'installation d'une identification adaptée en fonction de la réglementation locale.

5.6 Degré de protection

5.6.1 Degré de protection des circuits principaux

Il n'existe aucune prescription pour le circuit principal ni pour les parties qui lui sont directement raccordées, du fait de l'étanchéité au gaz des enveloppes.

5.6.2 Degré de protection des circuits auxiliaires

Les degrés de protection suivant la CEI 60529 doivent être spécifiés pour toutes les enveloppes des circuits appropriés à basse tension de commande et/ou auxiliaires.

Les degrés de protection s'appliquent aux conditions de service du matériel.

5.6.2.1 Protection des personnes contre l'accès aux parties dangereuses et protection du matériel contre la pénétration de corps solides étrangers

Se référer au 5.13.1 de la CEI 60694 avec les modifications suivantes:

Les moyens de protection ne s'appliquent qu'aux circuits de commande et/ou auxiliaires. Le premier chiffre caractéristique doit être supérieur ou égal à 3.

5.6.2.2 Protection contre la pénétration d'eau

Lorsque les conditions de pose d'une installation conduisent à un risque de pénétration d'eau (installations enterrées, installations en tranchées, fourreau, etc.), le second chiffre caractéristique doit être spécifié. Dans ce cas, la lettre X, qui occupe la seconde position dans la désignation du tableau 6 de la CEI 60694 est remplacée par un nombre comme suit:

Second chiffre caractéristique	Brève description	Définition
7	Protégé contre les effets d'une immersion temporaire dans de l'eau	Une pénétration d'eau provoquant des effets nuisibles ne doit pas être possible, lorsque l'enveloppe est immergée temporairement dans de l'eau, dans les conditions spécifiées de pression et de durée
NOTE – Dans le cas de situations plus sévère que celles qui correspondent au second chiffre caractéristique 7, il convient que la protection soit définie par accord entre constructeur et utilisateur.		

Le matériel pour l'installation à l'extérieur, munie d'une protection contre la pluie et autres conditions climatiques, doit être spécifié au moyen d'une lettre supplémentaire W placée après le second chiffre caractéristique ou après la lettre additionnelle éventuelle.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Markings shall be durable and clearly legible and shall contain the following information:

– manufacturer's name or trade mark;
– type designation;
– rated voltage;
– type of gas and rated filling pressure for insulation.

5.5.4 Public identification

If the installation is located in an area accessible to the public, then suitable external identification should be provided, with due regard for local regulations.

5.6 Degree of protection

5.6.1 Degree of protection for the main circuits

No specification applies to the main circuit and parts directly connected thereto, because of the gas tightness of the enclosure.

5.6.2 Degree of protection for auxiliary circuits

Degrees of protection according to IEC 60529 shall be specified for all enclosures of appropriate low-voltage control and/or auxiliary circuits.

The degrees of protection apply to the service conditions of the equipment.

5.6.2.1 Protection of persons against access to hazardous parts and protection of the equipment against ingress of solid foreign objects

Refer to 5.13.1 of IEC 60694 with the following modifications:

Protection means are applicable only for control and/or auxiliary circuits. The first characteristic numeral shall be 3 or higher.

5.6.2.2 Protection against ingress of water

For installations where the laying conditions impose a risk of ingress of water (buried installations, installations in trenches, ducts, etc.) the second characteristic numeral shall be specified. In this case the letter X in the second position of the designation in table 6 of IEC 60694 is replaced by a numeral as follows:

Second characteristic numeral	Brief description	Definition
7	Protected against the effects of temporary immersion in water	Ingress of water causing harmful effects shall not be possible when the enclosure is temporarily immersed in water under standardized conditions of pressure and time
NOTE – For more severe situations than those corresponding to the second characteristic numeral 7, the protection should be agreed between manufacturer and user.		

Equipment for outdoor installation, provided with additional features against rain and other weather conditions shall be specified by means of the supplementary letter W placed after the second characteristic numeral, or after the additional letter, if any.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

5.7 Défauts internes

5.7.1 Généralités

La probabilité d'un défaut conduisant à un arc dans une LIG construite selon ce rapport technique est faible. Cela résulte de l'utilisation d'un gaz isolant autre que l'air à la pression atmosphérique, exempt de pollution, d'humidité ou de vermine.

Des exemples de dispositions pour éviter les arcs dus à un défaut interne, et pour limiter leur durée et leurs conséquences sont:

– la coordination de l'isolement;
– la limitation et la surveillance des fuites de gaz;
– la protection rapide;
– les dispositifs de court-circuitage rapide des arcs;
– les verrouillages entre les appareils de connexion;
– la commande à distance;
– les décharges de pression, internes et/ou externes;
– le contrôle de la main-d'oeuvre sur le site.

Il convient en principe que des dispositions soient également prises pour réduire les effets de défauts internes conduisant à un arc sur la continuité de service de la LIG. Il convient que l'effet d'un arc soit limité au compartiment dans lequel il s'est produit, ou aux autres compartiments du tronçon en défaut, si un dispositif de décharge de pression est utilisé entre compartiments dans ce tronçon.

Si, en dépit des dispositions prises, un essai est décidé par accord entre constructeur et utilisateur pour vérifier l'effet de l'arc dû à un défaut interne, il convient de conduire cet essai selon 6.12.

Dans le cas de LIG sous enveloppe monophasée installée dans des réseaux à neutre isolé ou mis à la terre par bobine d'extinction, et équipé d'une protection pour limiter la durée des défauts internes à la terre, les essais ne sont normalement pas nécessaires.

NOTE – Dans les systèmes à neutre mis à la terre par bobine d'extinction ou isolé, une protection permettant de limiter la durée d’un défaut interne est fortement recommandée.

5.7.2 Effets externes de l'arc

Des précautions adéquates au niveau des installations doivent être prises pour éliminer les effets nuisibles aux personnes et aux biens.

Afin d'atteindre une protection élevée pour le personnel, les effets externes d'un arc doivent être limités (par un système approprié de protection) à l'apparition d'un trou ou d'une déchirure sur l'enveloppe, sans fragmentation.

Le constructeur doit fournir des informations suffisantes pour permettre à l’utilisateur de prendre ces précautions.

Le constructeur et l'utilisateur peuvent convenir d'une durée pendant laquelle un arc dû à un défaut interne, jusqu'à une valeur donnée du courant de court-circuit, ne causera pas d'effets externes.

5.7.3 Localisation du défaut interne

Des dispositifs appropriés doivent être disponibles pour permettre la localisation du défaut.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

5.7 Internal fault

5.7.1 General

A fault leading to arcing within GIL built according to this technical report has a low order of probability. This results from the use of an insulating gas, other than air at atmospheric pressure, which will not be affected by pollution, humidity or vermin.

Examples of measures to avoid arcing due to an internal fault and to limit duration and consequences are:

– insulation coordination;
– gas-leakage limitation and control;
– high-speed protection;
– high-speed arc short-circuiting devices;
– interlocking of switching devices;
– remote control;
– internal and/or external pressure reliefs;
– checking of workmanship on site.

Arrangements should also be made to minimize the effects of internal faults leading to arcing on the continued service capability of the gas-insulated line. The effect of an arc should be confined to the compartment in which the arc has been initiated, or to the other compartments in the faulty section, if pressure relief is used between compartments within this section.

If, in spite of the measures taken, a test is agreed between manufacturer and user to verify the effect of arcing due to an internal fault, this test should be in accordance with 6.12.

Tests would normally not be necessary in the case of single-phase, enclosed GIL installed in isolated neutral or resonant earthed systems and equipped with a protection to limit the duration of internal earth faults.

NOTE – In resonant earthed or isolated neutral systems, protection to limit the duration of an internal fault is strongly recommended.

5.7.2 External effects of the arc

For installation adequate precautions shall be taken in order to eliminate the harmful effects to the public and property.

In order to provide a high protection to personnel, the external effects of an arc shall be limited (by taking adequate precautions) to the appearance of a hole or tear in the enclosure without any fragmentation.

The manufacturer shall provide sufficient information to allow the user to take these precautions.

Manufacturer and user may agree upon a time during which an arc due to an internal fault up to a given value of short-circuit current will cause no external effects.

5.7.3 Internal fault location

Appropriate devices shall be available to enable fault location.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

5.8 Enveloppes

5.8.1 Généralités

L'enveloppe doit être en métal, reliée en permanence à la terre et capable de résister aux pressions normales et transitoires auxquelles elle est soumise en service.

Bien que les enveloppes de matériels à remplissage de gaz conformes au présent rapport technique soient, en service, sous pression permanente, elles sont soumises à des conditions de service particulières qui les différencient des réservoirs d'air comprimé ou des réservoirs de stockage similaires. Ces conditions sont:

– non seulement les enveloppes enferment le circuit principal pour empêcher toute approche dangereuse des parties actives ou en mouvement, mais de plus, elles ont une forme qui leur permet d'assurer le niveau d'isolement assigné (voir 4.2) de l'équipement lorsqu'elles sont remplies à une pression égale ou supérieure à la pression minimale fonctionnelle de gaz pour l'isolement (voir 4.10) (des considérations d'ordre électrique plutôt que mécanique sont déterminantes pour le choix des formes et des matériaux utilisés);
– les enveloppes sont remplies normalement avec un gaz non corrosif, complètement sec, stable et inerte; comme il est fondamental pour le bon fonctionnement de l'appareillage de maintenir ce gaz dans cet état avec seulement de faibles variations de pression, et comme les enveloppes ne seront pas soumises à une corrosion interne, la prise en compte de ces facteurs est inutile pour la conception des enveloppes (cependant, il convient de tenir compte des effets possibles des vibrations transmises);
– la pression de service est relativement faible.

Pour toute installation à l'extérieur, le constructeur doit tenir compte de l'influence des conditions climatiques (voir article 2).

Dans le cas d'une installation enterrée, les conditions d'environnement doivent être prises en compte. En ce qui concerne la protection contre la corrosion externe, voir 5.12.

5.8.2 Conception des enveloppes

Les parois des enveloppes doivent avoir une épaisseur déterminée d'après la pression de calcul et d'après les durées minimales suivantes avant perforation par l'arc:

– 0,1 s pour les courants de 40 kA ou plus;
– 0,2 s pour les courants plus faibles.

Pour minimiser le risque de perforation, la valeur et la durée du courant de défaut ainsi que la conception de l'enveloppe et la taille des compartiments doivent être coordonnées attentivement. Il convient que le volume minimal soit tel que les systèmes de décharge ne fonctionnent pas pour les durées de tenue minimales indiquées ci-dessus.

En attendant la normalisation d'une procédure reconnue internationalement, les méthodes pour le calcul de l'épaisseur et la construction des enveloppes soudées ou moulées peuvent être choisies dans des codes reconnus de réservoirs à pression, en prenant comme base la température et la pression de calcul définies par le présent rapport technique.

NOTE – Pour la conception d'une enveloppe, il convient aussi, de tenir également compte des données suivantes:

a) mise à vide éventuelle de l'enveloppe au cours des opérations normales de remplissage;

b) différence totale de pression possible, de part et d'autre des parois de l'enveloppe ou des cloisons;

c) pression résultant d'une éventuelle fuite accidentelle entre compartiments pour des compartiments adjacents remplis à des pressions de service différentes;

d) possibilité d'apparition d'un défaut interne (voir 5.7).

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

5.8 Enclosures

5.8.1 General

The enclosure shall be of metal, permanently earthed and capable of withstanding the normal and transient pressures to which it is subjected in service.

While the enclosures of gas-filled equipment conforming to this technical report are permanently pressurized in service they are subjected to particular conditions of service which distinguish them from compressed air receivers and similar storage vessels. These conditions are:

– enclosures envelop the main circuit not only to prevent hazardous approach to live parts but are so shaped that when filled at or above the minimum functional gas pressure for insulation (see 4.10) they ensure that the rated insulation level (see 4.2) for the equipment is achieved (electrical rather than mechanical considerations predominate in determining the shape and materials employed);
– enclosures are normally filled with a non-corrosive gas, thoroughly dried, stable and inert; since measures to maintain the gas in this condition with only small fluctuations in pressure are fundamental to the operation of the installation, and since the enclosures will not be subject to internal corrosion, there is no need to make allowances for these factors in determining the design of the enclosures (however, the effect of possible transmitted vibrations should be taken into account);
– the service pressure employed is relatively low.

For outdoor installation, the manufacturer shall take into account the influence of climatic conditions (see clause 2).

For buried installation, environment conditions shall be taken into account. Concerning the prevention of external corrosion, see 5.12.

5.8.2 Design of enclosures

The wall thickness of the enclosure shall be based on the design pressure as well as the following minimum withstand durations without burn-through:

– 0,1 s for currents of 40 kA and above;
– 0,2 s for lower currents.

In order to minimize the risk of burn-through, the level and duration of the fault current, the enclosure design and the size of the compartments shall be carefully coordinated. The minimum volume should be such that pressure relief devices will not operate within the minimum withstand durations given above.

Pending international agreement on a standard procedure, methods for the calculation of the thickness and the construction of enclosures, either by welding or casting, may be chosen from established relevant pressure vessel and pipeline codes, based on the design temperature and design pressure defined in this technical report.

NOTE – When designing an enclosure, account should also be taken of the following:

a) the possible evacuation of the enclosure as part of the normal filling process;
b) the full differential pressure possible across the enclosure walls or partitions;
c) the resulting pressure in the event of an accidental leak between the compartments in the case of adjacent compartments having different service pressures;
d) the possibility of the occurrence of an internal fault (see 5.7).

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

La température de calcul d'une enveloppe est généralement la limite supérieure de la température de l'air ambiant, augmentée de l'échauffement dû au passage du courant assigné en service continu. Il convient de tenir compte du rayonnement solaire en cas d'effet significatif de celui-ci.

La pression de calcul d'une enveloppe est au moins égale à la pression maximale atteinte à l'intérieur de l'enveloppe à la température de calcul.

Pour déterminer la pression de calcul de l'enveloppe, la température du gaz doit être supposée égale à la moyenne des températures maximales de l'enveloppe et du conducteur de circuit principal sous le courant assigné en service continu, à moins que la pression de calcul ne puisse être déduite des résultats découlant d'essais d'échauffement.

Pour la conception de l'enveloppe, les charges mécaniques autres que celles causées par la surpression interne doivent être prises en compte, comme les efforts dus à la dilatation thermique (voir 5.11), les vibrations externes (voir 5.13), les chargements du sol pour les installations enterrées, d'autres charges externes, tremblements de terre, vent, neige, glace, etc.

Pour démontrer que les enveloppes et parties d'enveloppes, dont la résistance n'a pas été complètement calculée, satisfont aux exigences requises, il doit être procédé à des épreuves (voir 6.6).

Les matériaux utilisés dans la construction des enveloppes doivent avoir des propriétés physiques minimales connues et certifiées, servant de base aux calculs et/ou aux épreuves. Le constructeur est responsable du choix des matériaux et du respect de ces propriétés minimales, sur la base des certificats de fournisseurs ou d'après des essais faits par lui-même, ou d'après les deux à la fois.

5.9 Cloisons

Les LIG sont divisées en compartiments en vue de répondre aux conditions normales de fonctionnement et d'obtenir une limitation des effets d'un arc à l'intérieur du compartiment (voir 5.7.1).

La manière dont la LIG est divisée en compartiments a une influence sur

– l'installation,
– les essais sur site,
– la maintenance,
– la manipulation du gaz.

Les cloisons sont généralement constituées par un matériau isolant mais ne sont pas destinées à assurer par elles-mêmes la sécurité électrique des personnes, sécurité pour laquelle d'autres moyens, tels que la mise à la terre de l'équipement, peuvent être nécessaires. Toutefois, les cloisons doivent assurer la sécurité mécanique vis-à-vis de la pression différentielle du gaz qui existe avec le compartiment voisin.

Une cloison séparant un compartiment rempli d'un gaz isolant d'un compartiment voisin rempli de liquide ne doit pas comporter de fuite affectant les propriétés diélectriques des deux milieux.

5.10 Décharge de pression

Les dispositifs de décharge de pression prévus conformément au présent paragraphe doivent être placés de façon à réduire au minimum le danger pour un opérateur pendant qu'il effectue les tâches normales d'exploitation sur la LIG si des gaz ou vapeurs s'échappent sous pression.

NOTE – Le terme «dispositifs de décharge de la pression» recouvre à la fois des soupapes de décharge caractérisées par une pression d'ouverture et une pression de refermeture, et des dispositifs de décharge sans refermeture, tels que des diaphragmes ou des disques de rupture.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

The design temperature of the enclosure is generally the upper limit of ambient temperature increased by the temperature rise due to the flow of rated normal current. Solar radiations should be taken into account when they have a significant effect.

The design pressure of the enclosure is at least the upper limit of the pressure reached within the enclosure at the design temperature.

In determining the design pressure of the enclosure, the gas temperature shall be taken as the mean of the upper limits of the enclosure temperature and the main circuit conductor temperature with rated normal current flowing unless the design pressure can be established from existing temperature-rise test records.

When designing the enclosure, mechanical loads other than those caused by internal overpressure shall be taken into account, for instance forces caused by thermal expansion (see 5.11) external vibration (see 5.13), soil loading for buried installations, other external loads, earthquakes, wind, snow and ice, etc.

For enclosures and parts thereof, the strength of which has not been fully determined by calculation, proof tests (see 6.6) shall be performed to demonstrate that they fulfil the requirements.

Materials used in the construction of enclosures shall be of known and certified minimum physical properties on which calculations and/or proof tests are based. The manufacturer shall be responsible for the selection of the materials and the maintenance of these minimum properties, based on certification of the material supplier, or tests conducted by the manufacturer, or both.

5.9 Partitions

GIL shall be divided into compartments in such a manner that both the normal operating conditions are met and a limitation of the effects of an arc inside the compartment is obtained (see 5.7.1).

The manner in which the GIL is divided into compartments influences the following:

– installation;
– site testing;
– maintenance;
– gas handling.

The partitions are generally of insulating material but are not intended by themselves to provide electrical safety of personnel, for which other means such as earthing of the equipment may be necessary; they shall, however, provide mechanical safety against the differential gas pressure with the adjacent compartment.

A partition separating a compartment filled with insulating gas from a neighbouring compartment filled with liquid, shall not show any leakage affecting the dielectric properties of the two media.

5.10 Pressure relief

Pressure relief devices in accordance with this subclause shall be arranged so as to minimize the danger to an operator during the time he is performing his normal operating duties on the GIL, if gases or vapours escape under pressure.

NOTE – The term "pressure relief device" includes both: pressure relief valves, characterized by an opening pressure and a closing pressure; non-reclosing pressure relief devices, such as diaphragms and bursting disks.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

5.10.1 Soupapes de décharge pour limiter la pression maximale de remplissage

Dans le cas d'enveloppes reliées en permanence à une source de gaz comprimé, on ne peut pas se fier aux dispositifs de régulation de pression pour éviter toute surpression. Des soupapes de décharge de section suffisante doivent être prévues afin d'empêcher que la pression à l'intérieur de l'enveloppe dépasse de plus de 10 % la pression de calcul en cas de défaillance des dispositifs de régulation de pression.

Dans le cas d'enveloppes non reliées en permanence à une source de gaz comprimé, une soupape de décharge doit être montée sur le tuyau de remplissage afin d'empêcher que la pression dépasse de plus de 10 % la pression de calcul pendant le remplissage de l'enveloppe. En variante, la soupape peut être montée sur l'enveloppe elle-même.

Après une ouverture, une soupape de décharge doit se refermer avant que la pression ne soit descendue à 75 % de la pression de calcul.

Il est recommandé de choisir la pression de remplissage en tenant compte de la température du gaz au moment du remplissage, par exemple en utilisant des manomètres avec compensation de température.

5.10.2 Dispositifs de décharge pour limiter l'élévation de pression en cas de défaut interne

Comme, après un arc dû à un défaut interne, les enveloppes endommagées seront remplacées, la présence des dispositifs de décharge de pression n'est nécessaire que pour limiter les effets externes de l'arc (voir 5.7.2).

Selon le volume de gaz du compartiment, la valeur et la durée du courant de court-circuit, il se peut que la pression en cas de défaut interne n'excède pas la pression spécifiée pour l'essai individuel de série de l'enveloppe; si tel est le cas, un dispositif de décharge n'est pas obligatoire. Cette observation présente un intérêt particulier dans le cas d'installations dans un tunnel.

Si les dispositifs de décharge sont utilisés dans un espace confiné accessible au personnel, des précautions pour assurer la sécurité en cas de décharge doivent être prises.

NOTE 1 – Dans le cas d'un défaut interne provoquant la déformation plastique d'une enveloppe, il est recommandé de vérifier l'absence de déformation sur les enveloppes voisines.

NOTE 2 – En cas d'emploi de disques de rupture pour la décharge de pression, il convient de porter une attention particulière à leur pression de rupture, comparée à la pression de calcul de l'enveloppe, pour diminuer les risques de rupture intempestive des disques.

5.11 Compensation de la dilatation thermique

Du fait des différences de température entre différentes parties de la LIG, entre des parties de la LIG et leur environnement, ou parce que des parties de la LIG présentent des différences de température par rapport à leur température lors de la construction, des parties de la ligne subissent des mouvements les unes par rapport aux autres, et par rapport à leur environnement.

Les mouvements relatifs ou les forces entre les parties de la LIG et/ou leur environnement peuvent être déterminés soit par des mesures, soit par des calculs qui doivent être basés sur la différence de température maximale de ces parties par rapport à leur température durant la construction. Lorsqu'une compensation s'avère nécessaire, les méthodes suivantes doivent être utilisées:

a) la compensation entre les composants du circuit primaire et l'enveloppe doit être obtenue par des contacts glissants ou des moyens analogues au niveau des pièces primaires;

b) la compensation entre l'enveloppe et l'environnement (charpente fixe, sol environnant) doit être obtenue par des moyens appropriés.

NOTE – Il convient de faire référence à des spécifications ou méthodes appropriées pour le calcul des forces résultantes et des mouvements relatifs entre l'enveloppe et son environnement, ainsi que pour l'interprétation des résultats. Ceci est particulièrement important dans le cas de LIG enterrées, qui sont fortement affectées par des facteurs tels que les ancrages, le compactage et la nature du sol, la configuration géométrique de la ligne, etc.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

5.10.1 Pressure relief valves to limit maximum filling pressure

In the case of an enclosure permanently connected to a compressed gas supply, the devices employed for pressure regulation cannot be relied upon to prevent overpressure. Pressure relief valves of adequate size shall be fitted to prevent the pressure within the enclosure from rising to more than 10 % above the design pressure in the event of failure of the pressure regulation means.

In the case of enclosures not permanently connected to a compressed gas supply, a pressure relief valve shall be fitted to the filling pipe to prevent the gas pressure from rising to more than 10 % above the design pressure during the filling of the enclosure. Alternatively, the valve may be fitted to the enclosure itself.

After an opening operation of a pressure relief valve, it shall reclose before the pressure has fallen to 75 % of the design pressure.

The filling pressure should be chosen to take into account the gas temperature at the time of filling, for example, checking by temperature-compensated pressure gauges.

5.10.2 Pressure relief devices to limit pressure rise in the case of an internal fault

Since, after an arc due to an internal fault, the damaged part of enclosures will be replaced, pressure relief devices need only be provided to limit the external effects of the arc (see 5.7.2).

Depending on volume of gas compartment, short-circuit current and duration, the pressure, in the case of an internal fault, may not exceed the routine test pressure of the enclosure; in such a case, a pressure relief device is not mandatory. This consideration is of specific interest if the installation is in a tunnel.

If pressure relief devices are used in confined space accessible to personnel, precautions shall be taken to ensure safety in case of release.

NOTE 1 – In the case of an internal fault which causes yielding of the enclosure, the adjacent enclosures should be checked for absence of distorsion.

NOTE 2 – When bursting disks are used for pressure relief, due regard should be paid to their rupture pressure in relation to the design pressure of the enclosure to reduce the possibility of unintentional rupture of the disk.

5.11 Compensation of thermal expansion

Due to temperature differences between parts of the GIL, between parts of the GIL and their surroundings, or of parts of the GIL relative to the temperature during construction, parts of the line experience relative movements to each other and to their surroundings.

The relative movements or forces between the parts and/or their surroundings may be determined either by measurement or calculations which shall be based on the maximum temperature difference of the parts relative to the temperature during construction. Where compensation is necessary, the following methods shall be used:

a) compensation between primary parts and enclosure shall be obtained by sliding contacts or similar means in the primary parts;

b) compensation between the enclosure and its surroundings (fixed supporting structure, surrounding soil) shall be obtained by appropriate means.

NOTE – Reference should be made to appropriate standards or methods for calculations of resulting forces and relative movements between environment and enclosure, and for interpretation of the results. This is particularly important for buried GIL, which are highly affected by factors such as anchoring, compression of the soil, type of soil, geometrical configuration of the line, etc.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

5.12 Protection contre la corrosion des installations enterrées

Le choix du revêtement externe et de tout système actif destinés à la protection contre la corrosion doit prendre en compte les conditions particulières telles que: le lieu, la nature et l'état du sol ou du remblai, le matériau d'enveloppe et le type de mise à la terre adopté.

En général, la protection contre la corrosion des LIG est approximativement la même que celle des pipe-lines ou des câbles à huile à haute pression. L'enveloppe est revêtue d'une ou de plusieurs couches de caoutchouc ou d'un matériau plastique. Le revêtement agit comme un système passif de protection contre la corrosion, en empêchant le contact de l'enveloppe métallique du matériel électrique avec l'humidité ou l'eau.

Un système actif peut être installé en complément du système passif de protection contre la corrosion, pour prévenir les cas de défaillance du système passif. Le système actif place l'enveloppe métallique à un potentiel électrique prédéfini en fonction de la nature du matériau d'enveloppe (acier, aluminium). La conception du système actif de protection contre la corrosion doit prendre en compte l'état du sol autour de la LIG.

5.13 Vibrations externes

Dans certaines conditions, la LIG peut être exposée à des vibrations externes. Une LIG fixée à un pont utilisé aussi bien par des piétons que par des automobiles ou des trains constitue un exemple typique. Une LIG directement connectée à des transformateurs de puissance est un second exemple.

Lorsqu'une LIG est fixée à une source de vibrations, il est conseillé de réduire les contraintes mécaniques par l'installation de dispositifs d'amortissement placés entre la source et les éléments de charpente fixés de manière rigide à la LIG. Une telle disposition peut réduire de manière considérable les contraintes mécaniques dynamiques subies par la structure de la LIG. Le niveau résiduel des contraintes dynamiques doit être pris en compte comme base pour le dimensionnement mécanique, en combinant les forces qui en résultent avec les autres forces qui s'appliquent à la LIG pour déterminer les niveaux de contraintes résultants, et garantir que ces niveaux sont inférieurs aux niveaux admissibles dans les matériaux employés.

Dans le cas d'un pont, une attention particulière doit être portée aux mouvements relatifs entre le pont et son environnement. Ces mouvements sont susceptibles de produire des efforts mécaniques additionnels qu'il est nécessaire de prendre en compte lors de la détermination des niveaux de contraintes résultants en vue du dimensionnement mécanique.

5.14 Etanchéité au gaz

5.14.1 Systèmes à pression entretenue de gaz

Se référer à la CEI 60694, avec la modification suivante:

Pour des considérations environnementales, un système à pression entretenue de gaz ne peut s'appliquer que pour un gaz fondamentalement présent dans l'atmosphère (air sous pression ou azote).

5.14.2 Systèmes à pression autonome de gaz

Les caractéristiques d'étanchéité des systèmes à pression autonome de gaz indiquées par le constructeur doivent être cohérentes avec une maintenance minimale et une philosophie de l'inspection.

L'étanchéité des systèmes à pression autonome de gaz est spécifiée par le taux de fuite relatif F_{rel}.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

5.12 Corrosion protection for buried installations

Corrosion protection, both external coating and any active protection system, shall take into account special considerations such as: the location, the soil/backfill material and conditions, enclosure material and type of earthing adopted.

In general, the corrosion protection for GIL is approximately the same as for normal pipeline or high pressure, oil-filled cables. The enclosure is coated with rubber or plastic in one or more layers. The coating acts as a passive corrosion protection system by keeping humidity or water away from the metal enclosure of the electrical equipment.

In addition to the passive corrosion protection, an active system can be installed in case the passive system fails. The active corrosion protection system keeps the metal enclosure at a defined electrical potential, depending on the enclosure material (steel, aluminium). The soil condition around the GIL shall be taken into account for the design of the active corrosion protection system.

5.13 External vibration

Under certain conditions, the GIL may be exposed to external vibrations. A typical case is when the GIL is attached to a bridge used by pedestrians, cars, and trains. Another case is when the GIL is directly connected to power transformers.

Where a transmission line is attached to a source of vibration, it is advisable to reduce mechanical stress by means of damping arrangements installed between the source and the part of the supporting structure which is rigidly connected to the transmission line. Such means may considerably reduce the mechanical dynamic stresses in the transmission line structure. The remaining dynamic stress level shall be used as a basis for the mechanical dimensioning by means of combining the loads resulting therefrom with other mechanical loads acting on the GIL in order to determine the total stress levels and to ensure that these levels are below permitted levels of the materials used.

In the case of a bridge, special attention shall be paid to relative movements between the bridge and its surrounding. These movements may cause additional mechanical loads which it would be necessary to consider when determining the total stress levels during the mechanical dimensioning.

5.14 Gas tightness

5.14.1 Controlled pressure systems

Refer to IEC 60694, with the following modification:

Due to environmental considerations, a controlled pressure system may only be applied when the gas is basically present in the atmosphere (compressed air or nitrogen).

5.14.2 Closed pressure systems

The tightness of closed pressure systems stated by the manufacturer shall be consistent with a minimum maintenance and inspection philosophy.

The tightness of closed pressure systems is specified by the relative leakage rate F_{rel}.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

La valeur maximale du taux de fuite relatif est de 0,5 % par an pour chaque compartiment.

NOTE 1 – Ces valeurs peuvent être utilisées pour calculer l'intervalle entre compléments de remplissage *T* en dehors des conditions extrêmes de température.

NOTE 2 – L'expérience correspondante des postes sous enveloppe métallique montre que le taux de fuite réel pour une installation complète est inférieur aux exigences des essais individuels de série, d'un ordre de grandeur.

5.14.3 Systèmes à pression scellés

Non applicable

5.14.4 Cloisons internes

A la demande de l'utilisateur, pour permettre la maintenance dans un compartiment, les compartiments adjacents étant sous pression, il convient que le constructeur indique le taux de fuite à travers la cloison.

5.15 Charpentes pour les LIG non enterrées

Les charpentes pour les LIG ont une influence sur le comportement mécanique des LIG. La construction de la charpente peut varier suivant sa fonction, la configuration de la LIG et les caractéristiques des fondations, du tunnel ou du puits destinés à recevoir la LIG. C'est pour cette raison que les paramètres de la conception et les exigences s'appliquant à la charpente sont décrits dans ce paragraphe.

5.15.1 Paramètres de la conception

Il convient de considérer les forces et charges suivantes pour la conception de la charpente:

– poids de la LIG;
– forces dues à la pression interne du gaz;
– friction entre les surfaces du support et de la semelle de la LIG;
– forces dues à la dilatation thermique de la LIG;
– force sismique, le cas échéant;
– force due au vent, le cas échéant;
– force due au courant de court-circuit;
– charge de glace, le cas échéant.

Lorsque la charpente n'est pas partie intégrante du système de mise à la terre, des dispositions doivent être prises pour éliminer les courants de Foucault dans la charpente et permettre la protection contre la corrosion.

5.15.2 Types de charpentes

La fonction de soutènement se répartit en deux catégories de base, décrites ci-dessous:

a) supports flexibles ou coulissants: ces charpentes sont conçues pour supporter et permettre un certain mouvement du fait de la dilatation thermique de la LIG;

b) supports rigides: ces charpentes sont conçues pour bloquer la LIG et supporter les forces dues à la dilatation thermique de l'enveloppe et à la dilatation des compensateurs d'enveloppe, le cas échéant, ainsi que celles dues à la pression interne du gaz.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

The maximum value of relative leakage rate is 0,5 % per year for each compartment.

NOTE 1 – These values can be used to calculate times between replenishments, *T*, outside extreme conditions of temperature.

NOTE 2 – Corresponding GIS service experience shows that the actual leakage rate for a complete installation is one order of magnitude lower than the routine test requirement.

5.14.3 Sealed pressure systems

Not applicable.

5.14.4 Internal partitions

If requested by the user, in order to permit maintenance in a compartment when adjacent compartments contain gas under pressure, the permissible gas leakage across partitions should also be stated by the manufacturer.

5.15 Supporting structures for non-buried GIL

The supporting structures for GIL have an influence on the mechanical features of the GIL. The construction of the supporting structure may vary in accordance with its function, the configuration of the GIL and the construction of the foundation, the tunnel or the shaft where the GIL is installed. For this reason this subclause describes the design condition and the requirements of the supporting structure functions.

5.15.1 Conditions of the design

The following forces and loads should be considered for the supporting structure design:

– weight of GIL;
– forces due to the internal gas pressure;
– friction between the surfaces of the support beam and the GIL foot;
– forces due to the thermal expansion of the GIL;
– seismic force, when applicable;
– wind load, when applicable;
– force due to short-circuit current;
– ice load, when applicable.

When the supporting structure does not form part of the earthing system, means shall be provided to avoid eddy currents in the supporting structure and to allow corrosion protection.

5.15.2 Types of supporting structures

There are two basic kinds of supporting function, as follows:

a) sliding and flexible supporting structures: these supporting structures are designed in order to support and allow a certain movement due to the thermal expansion of the GIL;

b) rigid supporting structures: these supporting structures are designed in order to fix the GIL and to withstand the forces due to the thermal expansion of the enclosure and to the expansion of the compensators in the enclosure, if any, and to the internal gas pressure.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

6 Essais de type

6.1 Généralités

Se référer au 6.1 de la CEI 60694 en ajoutant le texte suivant:

Les essais de type doivent être réalisés sur des ensembles ou sous-ensembles représentatifs.

Il n'est pas possible de soumettre toutes les dispositions prévues à des essais de type, compte tenu de la multiplicité des combinaisons possibles des matériels. Les caractéristiques d'une disposition donnée peuvent alors être déduites des résultats d'essais obtenus avec des dispositions comparables. Tous les essais doivent être effectués sur le matériel rempli avec le type de gaz spécifié à la pression assignée de remplissage, sauf spécification contraire au paragraphe correspondant.

Les résultats de tous les essais de type doivent être enregistrés dans des rapports d'essais contenant assez d'informations pour prouver la conformité avec cette spécification, et pour identifier les parties essentielles du matériel essayé. Des informations générales sur les charpentes doivent être incluses dans les rapports d'essais.

Les essais et vérifications de type comprennent les essais énumérés ci-dessous.

6.1.1 Essais de type normaux

	Paragraphes
a) Essais de vérification du niveau d'isolement de l'équipement, y compris les essais de décharges partielles et les essais diélectriques des circuits auxiliaires	6.2
b) Essais de vérification de l'échauffement de toute partie de l'équipement et mesurage de la résistance du circuit principal	6.3 et 6.4
c) Essais de vérification de l'aptitude des circuits principaux et des circuits de mise à la terre à supporter la valeur de crête du courant admissible assigné et le courant de courte durée admissible assigné	6.5
d) Essais de vérification de la protection des personnes contre le contact avec des parties actives des circuits auxiliaires	6.6
e) Essais de vérification de la résistance mécanique de l'enveloppe	6.7
f) Essais d'étanchéité au gaz	6.8
g) Essais d'anticorrosion	6.9

6.1.2 Essais de type spéciaux (faisant l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur)

a) Essais mécaniques sur les contacts glissants	6.10
b) Essais de vérification de la protection de l'équipement contre les effets externes dus aux intempéries et aux agents atmosphériques	6.11
c) Essais pour évaluer les effets d'un arc dû à un défaut interne	6.12
d) Essai de longue durée pour les installations enterrées	Annexe C

NOTE – Certains de ces essais de type peuvent compromettre l'aptitude des parties essayées à leur emploi ultérieur en service.

6.2 Essais diélectriques

6.2.1 Etat du matériel pendant les essais diélectriques

Les essais diélectriques doivent être effectués à la pression minimale fonctionnelle pour l'isolement spécifiée par le constructeur. On doit noter la température et la pression du gaz durant les essais et l'indiquer dans le rapport d'essais.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

6 Type tests

6.1 General

Refer to 6.1 of IEC 60694 with the following addition:

The type tests shall be made on representative assemblies or subassemblies.

Because of the variety of possible combinations of components, it is impracticable to subject all possible arrangements to type tests. The performance of any particular arrangement may be substantiated by test data obtained with comparable arrangements. All the tests shall be made in principle with the equipment filled with the specified type of gas and at rated filling pressure, except when otherwise specified in the relevant subclause.

The results of all type tests shall be recorded in type test reports containing sufficient data to prove compliance with this specification, and sufficient information so that the essential part of the equipment tested can be identified. General information concerning the supporting structure shall be included in the test reports.

The type tests and verifications comprise the following:

6.1.1 Normal type tests

	Subclause
a) Tests to verify the insulation level of the equipment including partial discharge tests and dielectric tests on auxiliary circuits	6.2
b) Tests to prove the temperature rise of any part of the equipment and measurement of the resistance of the main circuit	6.3 and 6.4
c) Tests to prove the ability of the main and earthing circuits to carry the rated peak and the rated short-time withstand current	6.5
d) Tests to verify the protection of persons against contact with live parts of auxiliary circuits	6.6
e) Tests to prove the strength of enclosures	6.7
f) Gas tightness tests	6.8
g) Anti-corrosion tests	6.9

6.1.2 Special type tests (subject to agreement between manufacturer and user)

a) Mechanical tests on sliding contacts	6.10
b) Tests to verify the protection of the equipment against external effects due to weather and atmospheric agents	6.11
c) Tests to assess the effects of arcing due to an internal fault	6.12
d) Long term behaviour test for buried installation	Annex C

NOTE – Some of the type tests may impair the suitability of the tested parts for subsequent use in service.

6.2 Dielectric tests

6.2.1 Conditions of equipment during dielectric tests

Dielectric tests shall be performed at minimum functional pressure of the insulating gas as specified by the manufacturer. The temperature and pressure of the gas during the tests shall be noted and recorded in the test report.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

6.2.2 Application de la tension d'essai et conditions d'essai

Les tensions d'essai spécifiées en 6.2.4 et 6.2.5 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 des circuits auxiliaires sont reliés au conducteur de terre, ou au châssis et à la borne de terre de la source d'essai.

Lorsque chaque phase est individuellement enfermée dans une enveloppe métallique, on n'effectue que des essais à la terre et pas d'essai entre phases.

6.2.3 Tensions d'essai

Les tensions de tenue assignées à la terre et entre phases (s'il y a lieu) sont spécifiées par la CEI 60071-1.

6.2.4 Essais de tension aux chocs de foudre et aux chocs de manoeuvre

Se référer au 6.2.6 et au 6.2.7 de la CEI 60694 en ajoutant le complément suivant:

Pendant les essais, la borne du générateur de choc, raccordée à la terre, est connectée à l'enveloppe de la LIG.

La longueur de l'objet essayé doit être prise en compte pour éviter les surtensions dues aux ondes mobiles.

6.2.5 Essais de tension à fréquence industrielle du circuit principal

La LIG doit être soumise à des essais de tension de courte durée à fréquence industrielle, selon la CEI 60060-1. La tension d'essai doit être élevée jusqu'à la valeur d'essai et maintenue pendant 1 min. Les essais doivent être effectués à sec seulement.

Le matériel doit être considéré comme ayant réussi l'essai si aucune décharge disruptive ne s'est produite.

6.2.6 Essais de décharges partielles

Le mesurage des décharges partielles convient pour déceler certaines anomalies dans l'équipement en essai et constitue un complément utile des essais diélectriques. L'expérience montre que, dans certaines dispositions particulières, les décharges partielles peuvent conduire à une dégradation progressive de la tenue diélectrique de l'équipement, spécialement des isolants solides. Toutefois, il n'est pas encore possible d'établir une relation valable entre les mesures de décharges partielles et l'espérance de vie de l'équipement, par suite de la complexité des systèmes d'isolation utilisés dans les LIG.

Le mesurage des décharges partielles est en principe effectué comme essai de type en vue de montrer, en relation avec les autres essais diélectriques, si et – dans l'affirmative – à quel endroit, il y a des points faibles en ce qui concerne les contraintes diélectriques résultant de la conception de l'équipement.

L'essai peut être effectué sur les ensembles ou les sous-ensembles de l'équipement utilisés pour tous les autres essais diélectriques, et est en principe effectué après ceux-ci.

Les contraintes diélectriques au cours du mesurage doivent, autant que possible, correspondre à celles qui peuvent apparaître dans l'installation complète de la LIG.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

6.2.2 Application of test voltage and test conditions

The test voltages specified in 6.2.4 and 6.2.5 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 are to be connected to the earthing conductor or the frame and to the earth terminal of the test supply.

When each phase is individually encased in a metallic enclosure, only tests to earth, and no test between phases, are carried out.

6.2.3 Test voltages

The rated withstand voltages to earth and between phases (if any) shall be those specified in IEC 60071-1.

6.2.4 Lightning and switching impulse voltage tests

Refer to 6.2.6 and 6.2.7 of IEC 60694 with the following addition:

During the tests, the earthed terminal of the impulse generator shall be connected to the enclosure of the GIL.

Consideration shall be given to the length of the tested object, in order to avoid overvoltage due to travelling waves.

6.2.5 Power-frequency voltage tests on the main circuit

The GIL shall be subjected to short duration power-frequency voltage tests in accordance with IEC 60060-1. The test voltage shall be raised to the test value and maintained for 1 min. The test shall be performed in dry conditions only.

The equipment shall be considered to have passed the test if no disruptive discharge has occurred.

6.2.6 Partial discharge tests

The measurement of partial discharges is a suitable means of detecting certain defects in the equipment under test and is a useful complement to the dielectric tests. Experience shows that partial discharges may, in certain arrangements, lead to a degradation in the dielectric strength of the equipment, especially of solid insulation. On the other hand, it is not yet possible to establish a reliable relationship between the results of partial discharge measurements and the life expectancy of the equipment owing to the complexity of the insulation systems used in GIL.

The measurement of partial discharges should be made as a type test to show, in correlation with the other dielectric tests, if and where there are weak points with respect to the dielectric stresses resulting from the design of the equipment.

The test may be carried out on assemblies or subassemblies of the equipment used for all other dielectric tests, and should follow them.

The dielectric stresses during the measurement shall, as far as possible, be representative of those which would occur in the complete installation of GIL.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

6.2.6.1 Circuits d'essai et instruments de mesurage

Les circuits d'essai et les instruments de mesurage recommandés, ainsi que les méthodes d'étalonnage, sont indiqués dans la CEI 60270.

Un appareil de mesurage permettant d'évaluer les décharges individuelles est préférable. On peut obtenir des renseignements complémentaires en mesurant le débit quadratique exprimé en coulombs carrés par seconde.

Il convient que les éléments du circuit d'essai et l'appareil de mesurage soient choisis de façon que l'intensité de décharge minimale mesurable ne soit pas supérieure à 50 % de l'intensité admissible des décharges partielles.

D'autres méthodes de détection des décharges partielles telles que la détection UHF et la détection acoustique peuvent également être utilisées.

6.2.6.2 Modalités d'essais

La tension à fréquence industrielle est élevée jusqu'à une valeur U_{pre} de précontrainte et y est maintenue pendant au moins 10 s. Puis on fait décroître la tension jusqu'à la valeur U_q de mesurage des décharges partielles, selon les modalités indiquées ci-dessous.

a) Equipement comportant une enveloppe par pôle, utilisé dans des réseaux à neutre relié directement à la terre.

$$U_{pre} = U \qquad U_q = 1{,}1\ U/\sqrt{3}$$

b) Equipement tripolaire comportant une enveloppe commune, utilisé dans des réseaux à neutre relié directement à la terre.

L'essai peut être effectué en triphasé ou en monophasé.

1) Essai en triphasé

   L'enveloppe est reliée au neutre de la source.

   La tension est mesurée entre phases.

$$U_{pre} = 1{,}3\ U \qquad U_q = 1{,}1\ U$$

2) Essai en monophasé

   L'essai peut être effectué de deux façons

   i) avec l'accord du constructeur, le circuit principal de chaque pôle est relié successivement à la source de tension, les conducteurs des circuits principaux des autres pôles et l'enveloppe étant reliés à la terre:

$$U_{pre} = 1{,}3\ U \qquad U_q = 1{,}1\ U$$

   ii) l'essai est effectué à l'aide de deux sources de tension ayant chacune une borne à la terre (voir figure 1).

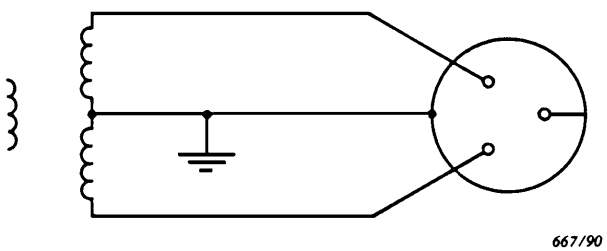

Figure 1 – Essai en monophasé d'un équipement tripolaire avec deux sources de tension

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

6.2.6.1 Test circuits and measuring instruments

The test circuits and measuring instruments recommended and methods of calibration are given in IEC 60270.

A measuring instrument which permits an evaluation of the individual discharges is preferred. Additional information can be gained by measuring the quadratic rate expressed in coulombs squared per second.

The elements of the test circuit and the measuring instrument should be chosen so that the minimum measurable discharge intensity is not more than 50 % of the permissible partial discharge intensity.

Other methods of detection of partial discharges such as UHF detection and acoustic detection may also be used.

6.2.6.2 Test procedure

The applied power-frequency voltage is raised to a pre-stress value U_{pre} and maintained at that value for at least 10 s. Then, the voltage is decreased to the value U_q for measuring the partial discharge intensity, according to the conditions set out below.

a) Equipment with single-phase enclosures to be used on systems with solidly earthed neutral.

$$U_{pre} = U \qquad U_q = 1{,}1\ U/\sqrt{3}$$

b) Equipment with three-phase enclosures to be used on systems with solidly earthed neutral.

The test may be made with a three-phase or with a single-phase test circuit.

1) Three-phase test circuit

   The enclosure is connected to the neutral of the voltage supply.

   The test voltage is measured between phases.

$$U_{pre} = 1{,}3\ U \qquad U_q = 1{,}1\ U$$

2) Single-phase test circuit

   For the single-phase test the following two methods apply:

   i) with the manufacturer's agreement, each phase conductor of the main circuit shall be connected in turn to the voltage supply, the conductors of the other phases being earthed together with the enclosure:

$$U_{pre} = 1{,}3\ U \qquad U_q = 1{,}1\ U$$

   ii) the test is made with two voltage supplies having one terminal earthed (see figure 1).

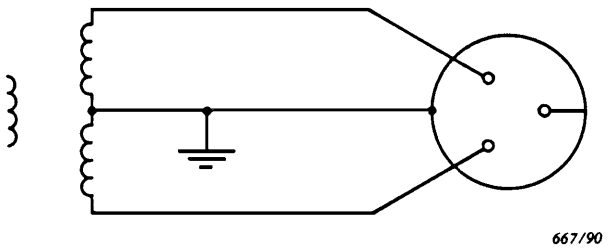

Figure 1 – Three-phase enclosure with single-phase test circuit and two voltage supplies

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

La source principale est reliée à un pôle. La source auxiliaire est reliée à un autre pôle et sa tension doit être telle que la tension entre les deux pôles soit égale à $\sqrt{3}$ fois la tension de la source principale. Le troisième pôle est relié à l'enveloppe et à la terre. La source principale doit être raccordée successivement à chaque pôle.

La tension d'essai est mesurée entre les deux pôles sous tension:

$$U_{pre} = 1{,}3\ U \qquad U_q = 1{,}1\ U$$

c) Equipement comportant une enveloppe par pôle, utilisé dans des réseaux à neutre non directement relié à la terre.

$$U_{pre} = 1{,}3\ U \qquad U_q = 1{,}1\ U \text{ puis}$$

$$U_q = 1{,}1 \qquad U/\sqrt{3}$$

d) Equipement tripolaire comportant une enveloppe commune, utilisé dans des réseaux à neutre non directement relié à la terre.

L'essai peut être effectué en triphasé ou en monophasé.

1) Essai en triphasé

La tension est mesurée entre phases.

La terre est d'abord reliée à l'enveloppe et au neutre de la source, puis à l'enveloppe et au circuit principal de chaque pôle, successivement.

Dans chaque cas:

$$U_{pre} = 1{,}3\ U \qquad U_q = 1{,}1\ U$$

2) Essai en monophasé

La source de tension est reliée au circuit principal de chaque pôle successivement, les circuits principaux des autres pôles et l'enveloppe étant reliés à la terre.

$$U_{pre} = 1{,}3\ U \qquad U_q = 1{,}1\ U \text{ puis}$$

$$U_q = 1{,}1 \qquad U/\sqrt{3}$$

NOTE – Si cela est possible, compte tenu du niveau de bruit de fond existant, il convient d'enregistrer, à titre de renseignement complémentaire, les tensions d'apparition et d'extinction des décharges partielles.

6.2.6.3 Intensité maximale admissible des décharges partielles

L'intensité maximale admissible des décharges partielles à U_q (voir 6.2.6.2) n'excède pas en principe 5×10^{-12} C.

6.2.7 Essais diélectriques des circuits auxiliaires

Se référer au 6.2.10 de la CEI 60694, lorsqu'elle est applicable.

6.3 Mesurage de la résistance du circuit principal

Se référer au 6.4 de la CEI 60694, en ajoutant le complément suivant:

Les pièces conductrices du circuit principal et l'enveloppe, ainsi que chaque type de contact doivent être essayés avant et après l'essai d'échauffement.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

The main supply is connected to one phase conductor. The auxiliary supply is connected to another phase conductor and its voltage shall be chosen so that the voltage between these two phases is equal to $\sqrt{3}$ times the voltage of the main supply. The third phase conductor is connected to the earthed enclosure. The main supply shall be connected to each phase in turn.

The test voltage is measured between the two live phases:

$$U_{pre} = 1{,}3\ U \qquad U_q = 1{,}1\ U$$

c) Equipment with single-phase enclosures to be used on systems without solidly earthed neutral.

$$U_{pre} = 1{,}3\ U \qquad U_q = 1{,}1\ U \text{ then}$$

$$U_q = 1{,}1 \qquad U/\sqrt{3}$$

d) Equipment with three-phase enclosures to be used on systems without solidly earthed neutral.

The test may be made with a three-phase or with a single-phase test circuit.

1) Three-phase test circuit

The test voltage is measured between phases.

First, the enclosure and the neutral of the voltage supply are earthed, then the enclosure and each phase conductor, in turn, are earthed.

For each case:

$$U_{pre} = 1{,}3\ U \qquad U_q = 1{,}1\ U$$

2) Single-phase test circuit

Each phase conductor is connected in turn to the voltage supply, the conductors of the other phases being earthed together with the enclosure.

$$U_{pre} = 1{,}3\ U \qquad U_q = 1{,}1\ U \text{ then}$$

$$U_q = 1{,}1 \qquad U/\sqrt{3}$$

NOTE – If possible, taking into account the actual background noise level, the partial discharge inception and the partial discharge extinction voltages should be recorded as additional information.

6.2.6.3 Maximum permissible partial discharge intensity

The maximum permissible partial discharge intensity at U_q (see 6.2.6.2) corresponding to the applied test circuit should not exceed 5×10^{-12} C.

6.2.7 Dielectric tests on auxiliary circuits

Refer to 6.2.10 of IEC 60694 where applicable.

6.3 Measurement of the resistance of the main circuit

Refer to 6.4 of IEC 60694 with the following addition:

The current-carrying parts of the main circuit and the enclosure, and each type of contact system shall be tested before and after the temperature type test.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

6.4 Essais d'échauffement

Se référer au 6.5 de la CEI 60694 en ajoutant le complément suivant:

Des calculs basés sur les résultats des essais de type peuvent être effectués pour déterminer le courant maximal admissible pour d'autres conditions de service spécifiées. Se référer à l'annexe A pour ces calculs. Tout essai complémentaire doit faire l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

L'ensemble ou le sous-ensemble doit inclure une enveloppe normale, munie le cas échéant d'un revêtement anticorrosion, et doit être protégé contre des échauffements ou refroidissements intempestifs venant de l'extérieur. L'essai doit être réalisé à l'air libre.

Quand il est prévu une possibilité de choix entre différents matériels ou différentes dispositions, l'essai doit être effectué avec les matériels ou dispositions donnant les conditions les plus sévères.

Sauf dans le cas où chaque pôle est individuellement enfermé dans une enveloppe métallique, les essais doivent être faits avec le nombre de phases assigné et le courant assigné en service continu circulant d'une extrémité de l'ensemble en essais aux bornes prévues pour la connexion des câbles.

Lorsqu'un essai monophasé est autorisé et effectué, le courant dans l'enveloppe doit représenter les conditions de fonctionnement les plus sévères.

Pour l'essai de sous-ensembles individuels, les sous-ensembles voisins sont en principe parcourus par des courants dissipant les puissances prévues pour les conditions assignées. Il est admis de réaliser des conditions équivalentes à l'aide de résistances de chauffage ou d'une isolation thermique lorsque l'essai ne peut être effectué dans les conditions réelles.

Les échauffements des différents matériels s'entendent par rapport à la température de l'air ambiant. Ils ne doivent pas excéder les valeurs spécifiées dans les normes dont relèvent ces matériels.

NOTE 1 – Les informations sur les puissances dissipées et la résistance électrique des pièces conductrices de la LIG sont utilisées pour la réalisation des calculs suivant l'annexe A.

NOTE 2 – La constante de temps de la LIG relevée durant les essais sert de base à l'évaluation de la capacité de surcharge temporaire de la LIG.

6.5 Essais au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible

Se référer au 6.6 de la CEI 60694.

Quand il est prévu une possibilité de choix entre différents matériels ou différentes dispositions, l'essai doit être effectué avec les matériels ou dispositions représentatives donnant les conditions les plus sévères.

6.5.1 Disposition de la LIG et du circuit d'essai

Le 6.6.1 de la CEI 60694 n'est pas applicable.

L'arrangement d'essais doit être muni de contacts propres, à l'état neuf.

Une LIG avec enveloppe tripolaire doit être essayée en triphasé.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

6.4 Temperature-rise tests

Refer to 6.5 of IEC 60694 with the following addition:

Calculations may be performed based upon type test results to determine the maximum permissible current in other specified service conditions. For these calculations, refer to annex A. Any complementary test shall be agreed between manufacturer and user.

The assembly or subassembly shall include normal enclosure with corrosive preventive coating, if applicable, and shall be protected against undue external heating or cooling. The test shall be carried out in open air.

Where the design provides alternative components or arrangements, the test shall be performed with those components or arrangements for which the most severe conditions are obtained.

Except when each phase is encased individually in a metallic enclosure, the tests shall be made with the rated number of phases and the rated normal current flowing from one end of the assembly to the terminals provided for the connection of test cables.

When a single-phase test is permitted and carried out, the current in the enclosure shall represent the most severe condition.

When testing individual subassemblies, the neighbouring subassemblies should carry the currents which produce the power loss corresponding to the rated conditions. Equivalent conditions are allowed to be simulated, by means of heaters or heat insulation, if the test cannot be made under actual conditions.

The temperature rises of the different components shall be stated with reference to the ambient air temperature. They shall not exceed the values specified for them in the relevant standards.

NOTE 1 – The data on power losses and electrical resistance of the current-carrying parts of the GIL will be used to carry out calculations according to annex A.

NOTE 2 – The time constant of the GIL during the test will serve as a basis to evaluate the temporary overload capability of the GIL.

6.5 Short-time and peak withstand current tests

Refer to 6.6 of IEC 60694.

Where the design provides alternative components or arrangements, the tests shall be performed with those representative components or arrangements for which the most severe conditions are obtained.

6.5.1 Arrangements of the GIL and test circuit

Subclause 6.6.1 of IEC 60694 is not applicable.

The test arrangement shall be fitted with clean contacts in new condition.

A GIL with three-phase enclosure shall be tested three-phase.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Les conditions d'essais d'une LIG avec une enveloppe par pôle doivent être adaptées en fonction du courant de retour dans l'enveloppe, qui dépend du système de mise à la terre:

a) si en exploitation l'enveloppe est traversée par le plein courant de retour, la LIG doit être essayée en monophasé avec le plein courant de retour dans l'enveloppe;
b) si en exploitation l'enveloppe n'est pas traversée par le plein courant de retour, la LIG doit être essayée en triphasé. L'essai doit être réalisé pour la distance minimale entre les phases, indiquée par le constructeur.

6.5.2 Valeurs du courant d'essai et de sa durée

Se référer au 6.6.2 de la CEI 60694.

6.5.3 Comportement de la LIG au cours de l'essai

Il est admis que pendant l'essai l'échauffement des pièces traversées par le courant et des pièces voisines puisse dépasser les limites spécifiées dans le tableau 3 de la CEI 60694. Aucune limite d'échauffement n'est spécifiée pour les essais au courant de courte durée admissible, mais il convient que la température maximale n'atteigne pas une valeur telle qu'elle puisse causer un préjudice aux pièces voisines.

6.5.4 Etat de la LIG après essai

Après l'essai, les conducteurs ou contacts intérieurs de l'enveloppe ne doivent accuser ni déformation ni détérioration nuisibles au bon fonctionnement.

Après l'essai, la résistance du circuit principal doit être mesurée selon 6.3. Si la résistance a augmenté de plus de 20 %, et s'il n'est pas possible de confirmer l'état des contacts par inspection visuelle, il sera nécessaire de procéder à un essai d'échauffement supplémentaire.

6.6 Vérification du degré de protection des circuits auxiliaires

Se référer au 6.7.1 de la CEI 60694 avec le complément suivant:

Si le second chiffre caractéristique est spécifié, les essais doivent être réalisés selon les exigences des articles 11 et 14 de la CEI 60529 pour le chiffre approprié.

6.7 Epreuves des enveloppes

Des épreuves sont effectuées quand la résistance de l'enveloppe ou de parties de celle-ci n'est pas calculée. Elles sont effectuées sur les enveloppes seules sans équipement interne, avec des conditions d'essai reproduisant les contraintes dues à la pression de calcul.

Les épreuves peuvent consister soit en un essai de rupture sous pression, soit en un essai non destructif sous pression, suivant le matériau utilisé.

6.7.1 Essais de rupture sous pression

Dans le cas d'un essai de rupture sous pression, la vitesse d'accroissement de la pression ne dépasse pas en principe 400 kPa/min. La pression de rupture minimale exigible est en principe 3,5 fois la pression de calcul pour les enveloppes moulées et 2,3 fois la pression de calcul pour les enveloppes soudées. Ces facteurs sont déterminés en fonction des caractéristiques minimales certifiées des matériaux utilisés.

D'autres facteurs peuvent être nécessaires pour tenir compte des méthodes de construction.

Toute enveloppe même demeurée intacte après avoir été soumise à ces pressions doit être mise au rebut.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

A GIL with single-phase enclosure shall be tested according to the return current in the enclosure, dependent on the grounding system:

a) if the enclosure carries the full return current in service, the GIL shall be tested single-phase, with the full return current in the enclosure;
b) if the enclosure does not carry the full return current in service, the GIL shall be tested three-phase. The tests shall be made at the minimum distance between phases indicated by the manufacturer.

6.5.2 Test current and duration

Refer to 6.6.2 of IEC 60694.

6.5.3 Behaviour of the GIL during test

It is recognized that, during the test, the temperature rise of current-carrying and adjacent parts of the GIL may exceed the limits specified in table 3 of IEC 60694. No temperature-rise limits are specified for the short-time current withstand test, but the maximum temperature reached should not be sufficient to cause significant damage to the adjacent parts.

6.5.4 Conditions of the GIL after test

After the test, there shall be no deformation or damage to conductors or contact joints within the enclosure which may impair good service.

After the test, the resistance of the main circuits shall be measured according to 6.3. If the resistance has increased by more than 20 % and if it is not possible to confirm the conditions of the contacts by visual inspection, it will be necessary to perform an additional temperature-rise test.

6.6 Verification of the degree of protection for auxiliary circuits

Refer to 6.7.1 of IEC 60694 with the following addition:

If the second characteristic numeral is specified, the tests shall be performed in accordance with the requirements in clauses 11 and 14 of IEC 60529 for the appropriate numeral.

6.7 Proof tests for enclosures

Proof tests are made when the strength of the enclosure or parts thereof is not calculated. They are performed on individual enclosures before the internal parts are added with testing conditions based on the design pressure stresses.

Proof tests may consist of either a bursting pressure test or a non-destructive pressure test, as appropriate to the material employed.

6.7.1 Bursting pressure test

In the case of a bursting pressure test, the pressure rise should not be faster than 400 kPa/min. The bursting pressure test requirements should be based on 3,5 times the design pressure for cast enclosures and 2,3 times the design pressure for welded enclosures. These factors are based on the minimum certified properties of the material used.

Additional factors may be required taking into account the methods of construction.

Any enclosure remaining intact after these pressures have been reached shall be discarded.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

6.7.2 Essais non destructifs sous pression

Dans le cas d'un essai non destructif sous pression par mesurage des déformations locales, il convient d'appliquer la procédure suivante:

Avant l'essai, des extensomètres permettant de déceler des déformations de 0,05 mm/m doivent être fixés à la surface de l'enveloppe. Le nombre d'extensomètres, leur position et leur direction doivent être déterminés de façon que les déformations et les contraintes principales puissent être mesurées à tous les endroits importants pour l'intégrité de l'enveloppe.

La pression hydraulique doit être augmentée progressivement, par paliers d'environ 10 %, jusqu'à la pression d'essai normalisée, correspondant à la pression de calcul souhaitée (voir 7.5), ou jusqu'à déformation plastique notable d'une partie quelconque de l'enveloppe.

Lorsque l'un ou l'autre des stades est atteint, la pression ne doit plus être augmentée.

Les indications des extensomètres doivent être relevées pendant la montée en pression et de nouveau pendant la descente de pression.

L'indication d'une déformation permanente localisée peut être négligée sous réserve qu'il n'y ait aucun signe de déformation générale de l'enveloppe.

Si la courbe des déformations en fonction de la pression n'est pas linéaire, la pression peut être de nouveau appliquée au maximum cinq fois jusqu'à ce que les courbes de montée et de descente de pression correspondant à deux cycles successifs coïncident de façon substantielle. Si cette coïncidence ne peut pas être obtenue, la pression de calcul et la pression d'essai doivent être déterminées à partir du domaine de pression correspondant à la partie linéaire de la courbe pendant la dernière descente de pression.

Si la pression d'essai normalisée est atteinte avec une variation linéaire des déformations en fonction de la pression, on considère que la pression de calcul souhaitée est confirmée.

Si la pression finale d'essai ou la gamme de pression correspondant à la partie linéaire de la courbe des déformations en fonction de la pression (voir ci-dessus) sont inférieures à la pression d'essai normalisée, on détermine la pression de calcul d'après la formule:

$$p = \frac{1}{1{,}1\,k}\left(p_y \frac{f_a}{f_t}\right)$$

où

p est la pression de calcul;

p_y est la pression à laquelle est apparue une déformation plastique notable, ou le domaine de pression correspondant à la partie linéaire de la courbe des déformations en fonction de la pression pour la partie de l'enveloppe la plus déformée au cours de la dernière descente de pression (voir ci-dessus);

k est le facteur de pression d'essai normalisée (voir 7.5);

f_t est la contrainte de calcul admissible à la température d'essai;

f_a est la contrainte de calcul admissible à la température de calcul.

On peut s'entendre sur d'autres procédures d'essais non destructifs sous pression.

6.8 Essais d'étanchéité au gaz

Se référer au 6.8 de la CEI 60694.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

6.7.2 Non-destructive pressure test

In the case of a non-destructive pressure test using a strain indication technique, the following procedure should be applied:

Before the test, strain gauges capable of indicating strains to 0,05 mm/m shall be affixed to the surface of the enclosure. The number of gauges, their position and their direction shall be chosen so that principal strains and stresses can be determined at all points of importance to the integrity of the enclosure.

Hydrostatic pressure shall be applied gradually in steps of approximately 10 % until the standard test pressure for the expected design pressure (see 7.5) is reached or significant yielding of any part of the enclosure occurs.

When either of these points is reached, the pressure shall not be increased further.

Strain readings shall be taken during the increase of pressure and repeated during unloading.

Indication of localized permanent set may be disregarded, provided there is no evidence of general distortion of the enclosure.

Should the curve of the strain/pressure relationship show a non-linearity, the pressure may be re-applied not more than five times until the loading and unloading curves corresponding to two successive cycles substantially coincide. Should coincidence not be attained, the design pressure and the test pressure shall be taken from the pressure range corresponding to the linear portion of the curve obtained during the final unloading.

If the standard test pressure is reached within the linear portion of the strain/pressure relationship, the expected design pressure shall be considered to be confirmed.

If the final test pressure or the pressure range corresponding to the linear portion of the strain/pressure relationship (see above) is less than the standard test pressure, the design pressure shall be calculated from the following equation:

$$p = \frac{1}{1{,}1\,k}\left(p_y \frac{f_a}{f_t}\right)$$

where

p is the design pressure;

p_y is the pressure at which significant yielding occurs or the pressure range corresponding to the linear portion of the strain/pressure relationship of the most highly strained part of the enclosure during final unloading (see above);

k is the standard test pressure factor (see 7.5);

f_t is the permissible design stress at test temperature;

f_a is the permissible design stress at design temperature.

Alternative procedures for non-destructive pressure tests may be agreed.

6.8 Gas tightness tests

Refer to 6.8 of IEC 60694.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

6.9 Essais anticorrosion pour les installations enterrées

6.9.1 Protection passive contre la corrosion

Le système passif de protection contre la corrosion est, dans son principe, un revêtement synthétique de l'enveloppe métallique destiné à protéger le métal contre l'humidité. Le revêtement synthétique est généralement constitué d'une ou plusieurs couches de matériau synthétique.

Les trois essais qui suivent doivent être réalisés.

6.9.1.1 Essais électriques

Un essai électrique haute tension doit être effectué pour vérifier la qualité du revêtement synthétique. Pour cela, une couche conductrice est appliquée sur le revêtement synthétique. Une tension d'essai, qui dépend de la rigidité diélectrique du revêtement synthétique, est appliquée entre l'enveloppe métallique et la couche conductrice.

La valeur de la tension dépend du type de revêtement synthétique et doit être définie par accord entre le constructeur et l'utilisateur.

La longueur de l'échantillon soumis aux essais doit être suffisante pour que l'essai du revêtement synthétique donne un résultat représentatif. Pour cette raison, la longueur minimale recommandée est 5 *D*, où *D* est le diamètre extérieur de l'enveloppe métallique.

6.9.1.2 Essais mécaniques

Les essais mécaniques sont effectués à une température ambiante définie selon la CEI 60068-1. L'essai mécanique de type doit vérifier la résistance du revêtement aux conditions rencontrées sur site pendant et après la pose. L'épreuve doit porter sur la résistance à deux contraintes mécaniques:

– la flexion du revêtement; et
– l'impact d'objets métalliques ou de pierres sur le revêtement.

Les contraintes mécaniques dépendent fortement des méthodes de pose et du tracé du système. Les forces et les procédures d'essais doivent être définies par accord entre le constructeur et l'utilisateur.

6.9.1.3 Essais thermiques

Les essais thermiques de type représentent les contraintes résultant des variations de température maximales de la LIG, pendant l'assemblage sur site et en exploitation.

Les variations maximales de température surviennent, pendant l'assemblage sur site, entre les conditions diurnes et nocturnes, dans la tranchée ouverte. Elles dépendent fortement de la zone géographique, par exemple Europe centrale, pays désertiques.

Les conditions normales de service sont couvertes par la CEI 60694, alors que les conditions ambiantes particulières doivent être définies par l'utilisateur. La procédure d'essais de type doit être définie par accord entre constructeur et utilisateur.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

6.9 Anti-corrosion tests for buried installation

6.9.1 Passive corrosion protection

The passive corrosion protection system is basically a synthetic coating of the metal enclosure to protect the metal from humidity. The synthetic coating is usually built up from one or more layers of synthetic material.

The following three tests shall be performed.

6.9.1.1 Electrical testing

To prove the quality of the synthetic coating a high-voltage test shall be applied. An electrical conductive layer is applied over the synthetic coating. A test voltage according to the dielectric strength of the synthetic coating is then applied between the metal enclosure and the electrical conductive layer.

The voltage level is dependent on the type of synthetic coating and shall be defined by agreement between manufacturer and user.

The length of the test sample shall be sufficient to provide the synthetic coating with a realistic result. Therefore the minimum length recommended is 5 *D*, where *D* is the outer diameter of the metal enclosure.

6.9.1.2 Mechanical testing

Mechanical type tests are carried out at an ambient temperature in accordance with IEC 60068-1. The mechanical type test has to prove the resistance of the coating to conditions on site during and after laying. Resistance to two mechanical stresses needs to be proven:

– bending of the coating; and

– impact on the coating of metal objects or rocks.

The mechanical stresses are highly dependent on the laying methods and the system layout. The forces and the procedure for carrying out testing shall be mutually agreed between user and manufacturer.

6.9.1.3 Thermal testing

Thermal type tests represent the stresses produced by the maximum temperature changes of the GIL during on-site assembly and in service.

The maximum temperature changes occur during on-site assembly between day and night condition in the open trench. They are highly dependent on geographic regions, e.g. central Europe or desert countries.

Normal service conditions are covered by IEC 60694, where special ambient conditions need to be defined by the user. The procedure for carrying out type tests shall be mutually agreed between manufacturer and user.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

6.9.2 Protection active contre la corrosion

Pour accroître la sécurité de la LIG lorsqu'elle est directement enterrée dans le sol, un système actif de protection contre la corrosion est nécessaire. Il existe des systèmes de deux types: anode sacrificielle ou systèmes à injection de courant.

La conception et l'agencement du système actif de protection contre la corrosion sont principalement influencés par:

– la nature du métal d'enveloppe;
– le type du matériau de revêtement;
– le nombre de couches du revêtement;
– le nombre de défauts dans le revêtement;
– la résistance électrique du revêtement et du sol;
– le pH du sol;
– l'humidité du sol;
– la présence temporaire ou permanente de nappe d'eau souterraine.

L'analyse de ces différentes influences conduit à un agencement pour le système, avec la spécification du courant de protection minimal ou maximal, basée sur les théories ou codes reconnus.

Un essai de type du système ne peut recouvrir que quelques conditions typiques, et doit être établi par accord entre le constructeur et l'utilisateur.

6.10 Essais spéciaux mécaniques des contacts glissants

Un essai d'endurance doit être réalisé pour évaluer la capacité de composants individuels tels que les contacts glissants à assurer leur fonction pendant la durée de vie escomptée pour le matériel.

NOTE – L'essai est spécifique aux LIG, du fait des difficultés liées à la mesure et la maintenance de leurs contacts.

Le contact doit être identifié par

– la disposition et le principe du contact;
– le matériau du contact (y compris la nature et l'épaisseur du revêtement le cas échéant);
– la pression de contact (minimale – maximale);
– la lubrification (le cas échéant) selon le manuel d'instructions.

Les conditions d'essais doivent mentionner:

– la course du contact;
– la vitesse du contact;
– le nombre de cycles.

Un banc d'essai motorisé peut être utilisé pour simuler le mouvement relatif attendu des conducteurs sous tension. L'essai sera considéré comme représentatif si:

– les conditions les plus sévères sont atteintes, en prenant en compte la dilatation différentielle, le poids des conducteurs, les charges, etc.;
– la fréquence des manoeuvres est limitée à une valeur de l'ordre de six cycles par heure;
– le nombre minimal de cycles est de 10 000 dans le cas d'applications générales de LIG.

NOTE – Pour des applications particulières, telles que l'alimentation d'une station de pompage, un nombre plus important de cycles de manoeuvres et/ou une fréquence accrue des manoeuvres, peuvent être convenus entre constructeur et utilisateur.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

6.9.2 Active corrosion protection

To increase safety of the GIL when directly buried in the soil, an active corrosion protection system is needed. Two basic systems are used: sacrificial anode or impressed current systems.

The design and layout of the active corrosion protection system is mainly influenced by:

– the nature of the metal enclosure;
– the type of coating material;
– the number of coating layers;
– the number of defects in the coating;
– the electrical resistivity of the coating and soil;
– the pH of the soil;
– the humidity of the soil;
– the presence of temporary or permanent ground water.

The analysis of the different influences leads to a system layout with the specified minimum or maximum protective current, based on well established theories and codes.

A type test of the system can only cover certain typical conditions and shall be set up in agreement between manufacturer and user.

6.10 Special mechanical test on sliding contacts

A mechanical endurance test shall be carried out to asses the ability of basic components such as sliding contacts to perform their duty during the expected lifetime of the equipment.

NOTE – The test is specific to GIL because of the difficulty of measuring and maintaining the contacts.

The contact shall be identified by:

– the contact arrangement and principle;
– the contact material (including the nature and thickness of the coating, if any);
– the contact pressure (minimum – maximum);
– the lubrication (if any) as indicated in the instruction manual.

The test conditions shall indicate:

– the contact stroke;
– the contact speed;
– the number of cycles.

A motorized test rig may be used to simulate the expected relative movement of the live conductor. The test is considered representative provided that:

– the worst conditions are met, considering differential expansion, weight of conductor, loads, etc.;
– the frequency of operation is limited to a value in the order of six cycles an hour;
– the minimum number of cycles is 10 000 for general purpose of GIL.

NOTE – For special applications, such as feeding a pump storage plant, a larger number of operating cycles and/or an increased frequency of operation may be agreed between manufacturer and user.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Les inspections et essais suivants sont effectués avant et après l'essai:

– contrôle visuel;
– vérification dimensionnelle et pression de contact;
– résistance de contact.

L'essai sera considéré comme satisfaisant si:

– l'inspection visuelle montre que le revêtement de surface initial est encore présent partout;
– l'usure est telle que la pression de contact reste dans la tolérance;
– la variation de résistance de contact est inférieure ou égale à 20 %.

6.11 Essais de protection contre les intempéries

Si un accord entre constructeur et utilisateur le prévoit, un essai de protection contre les intempéries doit être effectué sur les LIG pour installation à l'extérieur. L'annexe AA de la CEI 60517 indique une méthode recommandée. L'essai tient compte également des effets de la neige propulsée par le vent.

Si un examen de la conception de l'appareillage montre que l'essai n'est pas nécessaire, celui-ci peut être supprimé.

6.12 Essais en cas d'arc dû à un défaut interne

Si un tel essai est décidé entre constructeur et utilisateur, une procédure conforme aux méthodes décrites à l'annexe D doit être utilisée.

La durée de passage du courant ne doit pas être inférieure au temps d'élimination du défaut pour la protection de second stade prévu, déterminé par les matériels de protection.

La valeur du courant de court-circuit correspond en principe au courant de courte durée admissible assigné.

NOTE – Pour information, le temps d'élimination de défaut pour la protection de premier stade est d'environ 0,1 s pour les courants de 40 kA ou plus et de 0,2 s pour les courants plus faibles. Le temps pour la protection de second stade ne dépasse normalement pas 0,3 s pour les courants de 40 kA ou plus et 0,5 s pour les courants plus faibles.

La LIG est en principe réputée convenir si, au cours de l'essai, aucun effet externe ne se produit pendant les durées spécifiées en 5.8.2.

Aucune fragmentation de l'enveloppe ne doit résulter d'un défaut éliminé en 0,3 s pour un courant supérieur ou égal à 40 kA, ou en 0,5 s pour un courant plus faible, sauf accord différent entre constructeur et utilisateur.

Des essais sur une disposition particulière peuvent être utilisés pour prévoir le comportement d'autres dispositions répondant à des conceptions similaires, par calcul ou par analogie, ou par une combinaison des deux.

Pour étendre les résultats d'essais à d'autres enveloppes de conception similaire mais de taille ou de forme différente et/ou pour d'autres paramètres d'essai, il convient que les méthodes de calcul utilisées fassent l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

The following inspections and tests are performed before and after the test:

– visual check;
– dimensional check and contact pressure;
– contact resistance.

The test will be considered as satisfactory if:

– the visual check shows that initial surface coating is still present everywhere;
– the wear is such that contact pressure is still within allowed tolerance;
– the contact resistance variation is less than or equal to 20 %.

6.11 Weatherproofing test

When agreed between manufacturer and user, a weatherproofing test shall be made on GIL for outdoor use. A recommended method is given in annex AA of IEC 60517. This test also takes into account the effects of wind-driven snow.

If an examination of the design shows the test to be unnecessary, it may be omitted.

6.12 Test under conditions of arcing due to internal fault

If such a test is agreed between manufacturer and user, the procedure shall be in accordance with the methods described in annex D.

The current duration shall not be less than the expected second stage protection fault clearance time, as determined by the protection devices.

The values of the short-circuit current should correspond to the rated short-time withstand current.

NOTE – For information, the fault clearing time for the first stage protection is about 0,1 s for currents of 40 kA and above and 0,2 s for lower currents. The time for the second stage protection normally does not exceed 0,3 s for currents of 40 kA and above, and 0,5 s for lower currents.

The GIL is considered adequate if, during the test, no external effects are produced within the withstand durations specified in 5.8.2.

No fragmentation of the enclosure shall result from a fault cleared in 0,3 s for currents of 40 kA and above, and in 0,5 s for lower currents unless otherwise agreed upon between manufacturer and user.

Tests on a particular arrangement may also be used to predict the performance of other arrangements with the same design, either by calculation, or inference, or a combination of both.

To extend the test results to other enclosures of similar design but of different size and shape and/or to other test parameters, calculation methods should be agreed between manufacturer and user.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

7 Essais individuels de série

7.1 Essais à fréquence industrielle des circuits principaux

Se référer à la CEI 60694 en ajoutant le complément suivant:

Les essais diélectriques individuels de série seront préférablement réalisés sur des sous-ensembles complets. Cependant, en raison de l'existence de tronçons très longs qui peuvent être expédiés démontés, le fabricant peut limiter l'essai aux pièces critiques (isolateurs par exemple). Ces pièces critiques doivent être essayées dans une configuration diélectrique identique à celle des conditions de service. L'essai diélectrique sur le tronçon complètement monté sera alors fait sur site (voir 7.8.1).

Les essais à fréquence industrielle sur le circuit principal de la LIG doivent être exécutés selon les prescriptions de 6.2.5, à la terre et entre phases (si applicable). Les tensions d'essai pour les essais individuels de série doivent être choisies dans la CEI 60694 (colonne 2 des tableaux 1a ou 1b, ou 2a ou 2b).

Les essais doivent être exécutés à la pression minimale du gaz pour l'isolement.

7.2 Essais diélectriques des circuits auxiliaires et de commande

Se référer au 7.2 de la CEI 60694.

7.3 Mesurage de la résistance du circuit principal

Se référer au 7.3 de la CEI 60694 en ajoutant le complément suivant:

Des mesurages globaux sont effectués en usine sur les unités de transport. La résistance globale mesurée ne doit pas être supérieure à 1,2 R_u, où R_u est la somme des résistances correspondantes mesurées pendant l'essai de type.

NOTE – Le mesurage de la résistance de l'enveloppe n'est pas requis pour les contacts ou assemblages soudés si la qualité de la soudure a été vérifiée suivant 7.5.

7.4 Mesurage des décharges partielles

Le mesurage des décharges partielles (DP) doit être appliqué aux pièces critiques comme les isolateurs. Se référer aux 6.2.6.2 et 6.2.6.3 pour les niveaux de tension et les valeurs d'acceptation de décharges partielles.

La détection des DP sur les sous-ensembles et/ou tronçons de LIG est recommandée.

7.5 Essais de pression des enveloppes

7.5.1 Enveloppes faites en usine

Des essais de pression doivent être faits sur toutes les enveloppes après fabrication.

La pression d'essai normalisée est égale à *k* fois la pression de calcul, le facteur *k* étant égal à:

– 1,3 pour les enveloppes soudées;
– 1,5 pour les enveloppes moulées.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

7 Routine tests

7.1 Power-frequency voltage tests on the main circuits

Refer to IEC 60694 with the following addition:

Dielectric routine tests will preferably be performed on complete subassemblies. However, because of the existence of very long parts which may be shipped dismantled, the manufacturer may limit the routine test to critical parts (insulators for example). These critical parts shall be tested in a dielectric configuration identical to the service condition. The dielectric test on the fully assembled section will then be made at site (see 7.8.1).

The power-frequency voltage tests on the main circuit of the GIL shall be performed according to the requirements of 6.2.5 to earth and between phases (if applicable). The test voltages for routine tests shall be chosen from IEC 60694 (column 2 of tables 1a or 1b or 2a or 2b).

The tests shall be performed at minimum functional pressure of the insulating gas.

7.2 Dielectric tests on auxiliary and control circuits

Refer to 7.2 of IEC 60694.

7.3 Measurement of the resistance of the main circuit

Refer to 7.3 of IEC 60694 with the following addition:

Overall measurements are made on transport units in the factory. The overall resistance measured shall not exceed 1,2 R_u, where R_u is the sum of the corresponding resistances measured during the type test.

NOTE – The resistance measurements of the enclosure are not required for welded contacts or joints if the quality of the welding has been checked according to 7.5.

7.4 Partial discharge measurement

Partial discharge measurements (PD) shall be applied to critical parts such as insulators. Refer to 6.2.6.2 and 6.2.6.3 for the voltage levels and the partial discharge acceptance value.

The detection of PD on subassemblies and/or sections of the GIL is recommended.

7.5 Pressure tests of enclosures

7.5.1 Factory made enclosures

A pressure test shall be made on each individual enclosure after manufacture.

The standard test pressure shall be *k* times the design pressure, where the factor *k* is:

– 1,3 for welded enclosures;
– 1,5 for cast enclosures.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

7.5.2 Enveloppes soudées sur site

Dans le cas où les enveloppes sont soudées sur site, deux types d'essais doivent être effectués pour vérifier la qualité et l'intégrité des soudures: un contrôle des soudures et des essais de pression.

7.5.2.1 Contrôle des soudures faites sur site

L'absence de défaut inacceptable dans toutes les soudures réalisées sur site doit être confirmée par des techniques radiographiques, ultrasonores ou toute autre méthode équivalente, définies par accord entre constructeur et utilisateur.

7.5.2.2 Essai de pression

Les soudures réalisées sur site doivent être soumises à un essai de pression, de préférence pneumatique. Dans ce cas, le facteur *k* peut être limité à 1,1, l'essai étant fait sur un compartiment complètement monté.

Des dispositions doivent être prises durant l'essai pour s'assurer que le dispositif de décharge de pression ne fonctionnera pas. Si un essai pneumatique n'est pas compatible avec les réglementations locales, une méthode alternative doit être convenue entre constructeur et utilisateur.

NOTE – Tout essai hydraulique d'un compartiment monté est à éviter.

7.5.3 Essai périodique

Aucun essai périodique n'est requis si:

– les enveloppes sont remplies avec un gaz non corrosif, sec, stable et inerte;
– l'état du revêtement extérieur anticorrosion est surveillé.

7.6 Essais individuels de série d'étanchéité au gaz des systèmes sous pression

Se référer au 7.4 de la CEI 60694, avec la modification suivante:

On doit veiller au fait que le revêtement extérieur de l'enveloppe (s'il existe) peut masquer une fuite. L'essai d'étanchéité doit être adapté en conséquence.

7.7 Essais anticorrosion pour installations enterrées

7.7.1 Protection passive contre la corrosion

Avant d'enfouir l'installation dans le sol, un essai individuel de série électrique peut démontrer la qualité du revêtement de protection contre la corrosion. Les cavités ou les manques peuvent être détectés par application d'une haute tension entre l'enveloppe métallique et une couche ou un anneau conducteur placé autour du revêtement synthétique.

Deux possibilités existent:

a) Essais de sections préfabriquées

La LIG complète est préfabriquée en longueurs unitaires manipulables. Ces éléments peuvent être revêtus d'une protection passive. Avant d'assembler la LIG complète, ils peuvent être essayés électriquement comme décrit en 6.9.1.1.

b) Essais de tronçons complets

Des tronçons de LIG peuvent être réalisés à partir d'un certain nombre d'éléments préfabriqués. Une fois le tronçon réalisé et posé, le revêtement peut être essayé avant et après enfouissement, principalement par une méthode électrique. L'essai final dépend fortement de la procédure de pose et doit faire l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

7.5.2 Enclosures welded on site

Where enclosures are welded on site, two types of tests shall be performed to verify the weld quality and integrity: testing of the welds and pressure tests.

7.5.2.1 Testing of site welding

The absence of unacceptable defects in all welds prepared on site shall be confirmed by suitable radiographic, ultrasonic or other equivalent techniques, by agreement between manufacturer and user.

7.5.2.2 Pressure test

Site-welded enclosures shall withstand a pressure test, preferably pneumatic. In this case the factor *k* may be limited to 1,1, the test being done on the complete fully assembled compartment.

Provision shall be taken during the test to make sure that the pressure relief device will not operate. If a pneumatic test is not in compliance with local regulations, an alternative method shall be agreed between manufacturer and user.

NOTE – Hydraulic testing of the assembled compartment should be avoided.

7.5.3 Periodic testing

No periodic testing is required if:

– enclosures are filled with a non-corrosive gas, dried, stable and inert;

– anti-corrosion external coating is monitored.

7.6 Routine gas tightness tests of pressure systems

See clause 7.4 of IEC 60694, with the following modification:

Attention shall be paid to the fact that external coating of the enclosure (if any) may hide a leak. The tightness test procedure shall be adapted accordingly.

7.7 Anti-corrosion tests for buried installations

7.7.1 Passive corrosion protection

An electrical routine test performed before burying can prove the quality of the corrosion protection coating. Voids or gaps can be detected by the application of high voltage between the metal enclosure and a conductive layer or ring around the outside of the synthetic coating.

Two possibilities are given:

a) Testing pre-manufactured units of the GIL

   The complete GIL will be pre-manufactured in unit lengths which can be handled. These units may be coated for passive corrosion protection. Before assembled to the complete GIL, they may be electrically tested as described in 6.9.1.1.

b) Testing complete sections of the GIL

   GIL sections may be assembled from a number of pre-manufactured units of the GIL. After a section has been assembled and laid in position the coating may be tested before and after burying, mainly by electrical tests. This final testing is highly dependent on the laying procedure and shall be arranged by agreement between manufacturer and user.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

7.7.2 Protection active contre la corrosion

Le système de protection active est mis en oeuvre en fonction de l'environnement tout au long de la LIG. Le courant et le potentiel de la protection sont calculés à partir des données de résistivité électrique du sol et de niveau d'acidité.

Ces valeurs doivent être mesurées une fois que la LIG est mise en service.

7.8 Essais sur site

Après installation et avant mise en service, la LIG doit être essayée pour vérifier le bon fonctionnement et l'intégrité diélectrique de l'équipement.

Ces essais et vérifications comprennent:

	Paragraphe
a) des essais de tension sur les circuits principaux	7.8.1
b) des essais diélectriques sur les circuits auxiliaires	7.2
c) le mesurage de la résistance du circuit principal	7.8.3
d) des essais d'étanchéité au gaz	7.6
e) des contrôles et vérifications	7.8.4
f) le mesurage de l'état du gaz	7.8.2
g) des essais anticorrosion pour les installations enterrées	7.7

Afin de minimiser les perturbations, et de réduire le risque d'introduction dans les enveloppes d'humidité ou de poussière susceptibles d'empêcher la LIG de fonctionner correctement, aucune inspection ou essai de pression périodique obligatoire n'est spécifié ou recommandé quand la LIG est en service.

Il est recommandé d'effectuer un essai pour vérifier l'absence de courants de circulation dangereux dans l'enveloppe et dans les autres parties métalliques telles que les tuyauteries et les supports, s'ils n'ont pas été prévus pour de tels courants.

7.8.1 Essais de tension des circuits principaux

7.8.1.1 Généralités

Parce qu'elle est d'une importance capitale pour une LIG, la tenue diélectrique doit être vérifiée afin d'éliminer les causes fortuites (mauvais montage, dégâts pendant la manutention, le transport, le stockage et le montage, présence de corps étrangers, etc.) susceptibles de conduire à un défaut interne en service.

A cause de leur objectif différent, ces essais ne doivent pas remplacer les essais de type ou les essais individuels qui sont réalisés sur les unités de transport et, chaque fois que cela est possible, en usine. Ils complètent les essais diélectriques individuels avec pour objectif de vérifier l'intégrité diélectrique de l'installation achevée et de détecter les anomalies, comme indiqué ci-dessus. Normalement l'essai diélectrique doit être réalisé après que la LIG a été entièrement montée et remplie de gaz à la pression assignée, de préférence à la fin de tous les essais sur site dans le cas d'une installation nouvelle. Il est recommandé de réaliser également un tel essai diélectrique après son démontage important pour maintenance ou reconditionnement de compartiments. Ces essais doivent être distingués de la montée progressive en tension réalisée afin de créer un certain conditionnement électrique de l'équipement avant mise en service.

La réalisations sur le site de tels essais n'est pas toujours pratique et certaines dérogations aux normes peuvent être acceptées. Le but de ces essais étant une vérification finale avant mise sous tension, il est très important que la procédure d'essai choisie ne mette pas en péril les parties saines de l'appareillage.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

7.7.2 Active corrosion protection

The active corrosion protection system is laid out in accordance with the environmental conditions along the GIL. The protection current and protection potentials are calculated from data on soil electrical resistivity and acidity.

These values shall be measured after the GIL goes into service.

7.8 Site testing

After installation, before putting into service, the GIL shall be tested to check the correct operation and the dielectric strength of the equipment.

These tests and verifications comprise:

	Subclause
a) voltage tests on the main circuits	7.8.1
b) dielectric tests on auxiliary circuits	7.2
c) measurement of the resistance of the main circuit	7.8.3
d) gas tightness tests	7.6
e) checks and verifications	7.8.4
f) measurement of gas condition	7.8.2
g) anti-corrosion tests for buried installations	7.7

To ensure minimum disturbance, and to reduce the risk of moisture and dust entering enclosures so preventing correct operation of the GIL, no obligatory periodic inspections or pressure tests are specified or recommended when the GIL is in service.

A test should be made to prove the absence of dangerous circulating currents in the enclosure and other metallic parts, such as pipes and supporting structures, if these are not intended for such currents.

7.8.1 Voltage test on the main circuits

7.8.1.1 General

Since it is exceptionally important for GIL, the dielectric strength shall be checked in order to eliminate fortuitous causes (wrong fastening, damage during handling, transportation, storage and erection, presence of foreign bodies, etc.) which might give rise to an internal fault in service.

Because of their different purpose, these tests shall not replace the type tests or the routine tests carried out on the transport units and, as far as possible, in the factory. They are supplementary to the dielectric routine tests with the aim of checking the dielectric integrity of the completed installation and of detecting irregularities as mentioned above. Normally, the dielectric test shall be made after the GIL has been fully erected and gas-filled at the rated pressure, preferably at the end of all site tests, when newly installed. Such a dielectric test is recommended to be performed also after major dismantling for maintenance or reconditioning of compartments. These tests shall be distinguished from the progressive voltage increase, performed in order to achieve a kind of electrical conditioning of the equipment before commissioning.

The execution of such site tests is not always practicable and deviations from the standards may be accepted. The aim of these tests being a final check before energizing, it is very important that the chosen test procedure does not jeopardize sound parts of the GIL.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

En choisissant, dans chaque cas individuel, une méthode d'essai appropriée, un accord particulier peut être nécessaire dans un intérêt de commodité ou d'économie: par exemple les besoins en puissance électrique, les dimensions et le poids des équipements d'essais peuvent être à prendre en compte.

Le constructeur et l'utilisateur doivent convenir du programme détaillé des essais diélectriques sur le site.

7.8.1.2 Modalités d'essai

La LIG doit être complètement montée et remplie de gaz à la pression assignée.

Pour l'essai, la LIG peut ne pas être connectée à d'autres équipements, soit à cause de leur courant de charge important, soit à cause de leur effet de limitation de la tension, comme:

– les câbles haute tension et les lignes aériennes;
– les transformateurs de puissance et la plupart des transformateurs de tension;
– les parafoudres et les éclateurs de protection.

En raison de la longueur d'une LIG il peut éventuellement être nécessaire de procéder à l'essai diélectrique sur site par tronçon. De ce fait, des dispositions doivent être prises dès la conception pour prévoir des emplacements où l'équipement d'essai peut être monté sans avoir à démonter la LIG.

NOTE 1 – Pour déterminer les parties pouvant être déconnectées, il convient d'attirer l'attention sur le fait que l'opération de reconnexion peut provoquer des défauts après la fin des essais.

NOTE 2 – Pour essayer la plus grande partie de l'installation on peut prévoir, dès la conception, une éclisse démontable pour chacun des cas mentionnés ci-dessus. On entend par «éclisse» un élément du conducteur qui peut être facilement enlevé afin de séparer l'appareillage en deux parties isolées l'une de l'autre. Ce genre de séparation est à préférer à un démontage.

Toute partie nouvellement installée d'une LIG doit être soumise sur le site à un essai diélectrique.

Généralement, en cas d'extension, la partie adjacente existante est, en principe, mise hors tension et à la terre pendant l'essai diélectrique, sauf si des mesures spéciales sont prises pour éviter que des décharges disruptives survenant dans l'extension ne se répercutent sur la partie sous tension de l'installation existante.

Il peut être nécessaire d'appliquer la tension d'essai après réparation ou maintenance de parties importantes ou après montage d'extensions. On peut alors être obligé d'appliquer la tension d'essai à une partie existante pour essayer toutes les sections concernées. Dans ces cas il est recommandé de suivre la même procédure que pour une LIG nouvellement installée.

Pour choisir une forme d'onde appropriée, il convient de tenir compte de la CEI 60060-1; cependant, des formes similaires sont aussi acceptables. Une tension alternative est préférable, et il convient de ne pas utiliser de tension continue. Une surveillance des décharges partielles doit être faite durant l'application de la tension d'essai. Le mesure conventionnelle des décharges partielles selon la CEI 60270 peut ne pas être appropriée. Il convient de considérer d'autres méthodes, comme la méthode UHF. A l'heure actuelle, aucun niveau n'a été prescrit.

Un niveau de tension égal à 80 % de la tension alternative appliquée durant l'essai individuel de série est recommandé. Pour les LIG longues, l'essai est effectué sur le tronçon le plus long possible.

Quand les tronçons sont entièrement montés pour former l'installation complète, un essai est effectué à une tension plus basse en raison des limites de l'équipement d'essai.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

In choosing an appropriate test method for each individual case, a special agreement may be necessary in the interest of practicability and economy, e.g. the electrical power requirements and the dimensions and weight of the test equipment may need to be considered.

A detailed test programme for the dielectric tests on site shall be agreed between manufacturer and user.

7.8.1.2 Test procedure

The GIL shall be properly erected and gas-filled at its rated pressure.

For the test, the GIL may not be connected to other equipment, either because of their high charging current or because of their effect on voltage limitation, such as:

– high-voltage cables and overhead lines;

– power transformers and most voltage transformers;

– surge arresters and protective spark gaps.

Due to the possible length of a GIL it may be necessary for the site dielectric test to be carried out in sections. Due to this fact, provisions shall be made within the design of the GIL to incorporate positions where test equipment can be mounted without having to dismantle the GIL.

NOTE 1 – In determining the parts which can be disconnected attention is drawn to the fact that the reconnection may introduce faults after the tests are finished.

NOTE 2 – In order to test as much as possible of the GIL, removable links may be included in the design in each of the above-mentioned cases. Here a "link" is understood to be a part of the conductor which can easily be removed in order to isolate two parts of the GIL from each other. This type of separation is preferable rather than dismantling.

Every newly erected part of a GIL shall be subjected to a dielectric test on site.

In the case of extensions, in general, the adjacent existing part should be de-energized and earthed during the dielectric test, unless special measures are taken to prevent disruptive discharges in the extension affecting the energized part of the existing GIL.

Application of the test voltage may be necessary after repair or maintenance of major parts or after erection of extensions. The test voltage may then have to be applied to existing parts in order to test all sections involved. In those cases the same procedure should be followed as for newly installed GIL.

For the choice of an appropriate voltage waveform, IEC 60060-1 should be taken into consideration; however, similar waveforms are also permissible. AC is preferred, and d.c. should not be used. Partial discharge monitoring shall be performed during application of the test voltage. Conventional partial discharge measurement in accordance with IEC 60270 may not be appropriate. Other methods, such as UHF should be considered. At the present time, no level has been prescribed.

A voltage level equal to 80 % of the a.c. voltage applied during the routine test is recommended. For long GIL, the test is performed on sections as long as possible.

When the sections are fully assembled to form the complete installation, a test is performed at a lower voltage because of the capacity of the testing facility.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Un essai additionnel au choc peut être effectué (une forme d'onde de type choc de foudre, éventuellement onde oscillante, peut être utilisée, avec un temps à la crête augmenté). Le constructeur et l'utilisateur doivent convenir du niveau de tension.

7.8.2 Mesurage de contrôle de l'état du gaz

Le taux d'humidité du gaz isolant doit être déterminé. Ce taux doit être en conformité avec 5.1.

Le mesurage doit être effectué sur la LIG montée et remplie à la pression assignée, et sur tous les compartiments dont est formée la LIG.

Si la LIG est remplie d'hexafluorure de soufre, se référer à la CEI 60376B et à la CEI 60480 pour le contrôle de l'état du gaz en service.

7.8.3 Mesurage de la résistance du circuit principal

Les mesurages doivent être effectués sur des tronçons de LIG assemblés. Il convient que les conditions de mesure soient aussi proches que possible des conditions dans lesquelles les essais individuels ont été faits sur les unités de transport.

Néanmoins, la méthode de mesure et la longueur appropriée pour les tronçons montés doivent être choisies en tenant compte des exigences suivantes:

– le mesurage doit être fait de façon à vérifier l'intégrité du circuit principal en incluant les jonctions;
– la précision du mesurage doit permettre la détection de toute mauvaise jonction.

7.8.4 Contrôles et vérifications

Ce qui suit doit être vérifié:

a) conformité de l'ensemble avec les dessins et les instructions du constructeur.

   Les moyens de contrôle de la qualité des jonctions réalisées sur site sont extrêmement importants. Afin de contrôler la conformité de l'ensemble, il est nécessaire de faire des mesurages dimensionnels sur la position des contacts afin d'autoriser la dilatation thermique. Une attention particulière doit être portée aux dispositifs prévus pour permettre la dilatation thermique et aux changements de direction.

   Il est nécessaire de procéder aux contrôles dimensionnels suivants:

   – pénétration des contacts;
   – concentricité entre conducteur et enveloppe;
   – vérification des diamètres intérieurs et extérieurs du conducteur afin de garantir un bon contact.

   Pendant le montage, d'autres vérifications dimensionnelles sont nécessaires en référence avec les dessins du constructeur:

   – positionnement correct et alignement des charpentes;
   – alignement correct entre les éléments;
   – vérification des déformations d'enveloppe.

b) étanchéité de tous les raccords de tuyauterie et serrage des boulons et connexions;

c) conformité de la filerie avec les schémas;

d) fonctionnement correct de la surveillance d'état et des équipements de régulation incluant le chauffage et l'éclairage;

e) contrôle des bonnes connexions des circuits de bouclage.

NOTE – Si pour une raison quelconque, un ou plusieurs des essais individuels de série n'ont pas été effectués en usine, il convient de les faire sur le site en les combinant avec les essais après montage.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Impulse test voltage may be additionally performed (lightning impulse waveshape, possibly oscillating, with an extended front time may be used). The voltage level shall be agreed between manufacturer and user.

7.8.2 Measurement of gas conditions

The moisture content of the insulation shall be determined. This moisture content shall be in accordance with 5.1.

The measure shall be performed on the GIL, assembled and filled with gas at the rated pressure, and on all compartments into which the GIL is divided.

If the GIL is filled with sulphur hexafluoride, refer to IEC 60376B and IEC 60480 for checking the conditions of the gas during service.

7.8.3 Measurement of the resistance of the main circuit

The measurement shall be performed on assembled sections of the GIL. The conditions of the measurement should be as close as possible to those of routine tests performed on transport units.

Nevertheless, the measurement method and the adequate length for the assembled sections shall be chosen considering the following requirements:

– the measurement shall be done in such a way as to verify the integrity of the main circuit, including joints;
– the accuracy of the measurement shall allow the detection of all possible bad joints.

7.8.4 Checks and verifications

The following shall be verified:

a) conformity of the assembly with the manufacturer's drawings and instructions.

   Means of checking the quality of joints made on site is extremely important. To check the correct assembly it is necessary to carry out dimensional measurements on the contact position in order to allow thermal expansion. Special attention shall be paid to thermal expansion devices and directional changes.

   It is necessary to carry out the following dimensional check:

   – penetration of contacts;
   – concentricity check between conductor and housing;
   – check of internal and external diameters of conductor in order to guarantee a correct contact.

   During the mechanical assembly further dimensional inspections are necessary in compliance with constructive drawings:

   – correct positioning and alignment of supporting structures;
   – correct alignment between units;
   – check of the enclosure deformation.

b) sealing of all pipe junctions, and tightness of bolts and connections;

c) conformity of the wiring with the diagrams;

d) proper functioning of the monitoring and regulating equipment including heating and lighting;

e) check of the correct connection of the bonding system.

NOTE – If, for whatever reason, one or more routine tests are not performed at the manufacturer's works, they should be carried out on site combined with the tests after erection.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

8 Guide pour le choix de la LIG selon le service

Eu égard à des contraintes particulières en service, la LIG est choisie en tenant compte des caractéristiques individuelles exigées dans les conditions de charge normale et dans les conditions en cas de défaut.

Il convient de préciser les caractéristiques assignées comme proposé dans ce rapport technique en tenant compte des caractéristiques du réseau et de ses futures extensions présumées.

Les contraintes imposées par les conditions en cas de défaut sont en principe déterminées en calculant les courants de défaut à l'endroit du réseau où l'installation est prévue.

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

9.1 Renseignements à donner dans les appels d'offres et les commandes

Pour lancer un appel d'offre ou passer commande d'une LIG, il est recommandé au demandeur de fournir les renseignements suivants.

9.1.1 Caractéristiques propres au réseau

Tension nominale et tension la plus élevée, fréquence, mode de mise à la terre du neutre.

9.1.2 Environnement:

a) localisation à l'intérieur d'une installation électrique avec accès restreint, ou à l'extérieur dans une zone accessible au public;
b) installation enterrée ou non;
c) installation en tranchées, tunnels, ou en surface avec des structures à fournir;
d) coupe géologique, et en cas d'installation enterrée structure géologique et physique du sol,
e) profondeur d'enfouissement (si enterrée);
f) conductivité thermique du sol (si enterrée);
g) ventilation des tranchées ou tunnels.

9.1.3 Conditions de service

Les températures minimale et maximale de l'air ou du sol ambiants, toutes conditions divergeant des conditions normales de service ou nuisant au fonctionnement satisfaisant de l'équipement, telles que l'exposition inhabituelle à la vapeur, à l'humidité, à des fluides, aux fumées, aux atmosphères explosives, à la poussière excessive ou au sel, le risque de tremblements de terre ou d'autres vibrations dues à des causes extérieures à l'équipement à livrer, ainsi que les mouvements possibles des fondations, et les chocs mécaniques possibles.

9.1.4 Caractéristiques de l'installation:

a) longueur de l'installation et tracé;
b) nombre de phases (à enveloppe monophasée ou polyphasée);
c) nombre de circuits placés dans une même tranchée ou un même tunnel;
d) tension assignée;
e) niveau d'isolement assigné;
f) courants assignés en service continu;

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

8 Guide to the selection of the GIL for service

For a given duty in service, GIL is selected by considering the individual rated values required under normal load conditions and in case of fault conditions.

The rated values should be chosen, as suggested in this technical report, with regard to the characteristics of the system as well as its expected future development.

The duty imposed by fault conditions should be determined by calculating the fault currents at the place where the transmission line is to be located in the system.

9 Information to be given with enquiries, tenders and orders

9.1 Information with enquiries and orders

When enquiring for, or ordering the installation of a GIL, the following information should be supplied by the enquirer.

9.1.1 Particulars of the system

Nominal and highest voltage, frequency, type of system neutral earthing.

9.1.2 Environmental conditions:

a) location inside electrical plant with restricted accessibility or outside, accessible to the public;

b) buried or non-buried installation;

c) installation in trenches, tunnels, or in open air with structures to be provided;

d) geological section and, in the case of a buried installation, geological and physical structure of soil;

e) depth of laying (if buried);

f) thermal conductivity of soil (if buried);

g) ventilation of trenches or tunnels.

9.1.3 Service conditions

Minimum and maximum ambient air or soil temperature; any condition deviating from the normal service conditions or affecting the satisfactory operation of the equipment, for example, unusual exposure to vapour, moisture, fluids, fumes, explosive gases, excessive dust or salt, the risk of earth tremors or other vibrations due to causes external to the equipment to be delivered, as well as possible movement of foundation, and possible mechanical impact.

9.1.4 Particulars of the installation:

a) system length and geographical routing;

b) number of phases (individually encased or in a common enclosure);

c) number of lines located in the same trench or tunnel;

d) rated voltage;

e) rated insulation level;

f) rated normal current;

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

g) courant de courte durée admissible assigné (I_{th});

h) durée de court-circuit assignée (si elle est différente de 1 s);

i) valeur de crête du courant admissible assigné (si elle est différente de 2,5 I_{th});

j) durée maximale d'élimination en cas de défaut interne;

k) longueur maximale d'un compartiment et volume de gaz;

l) degré de protection des circuits auxiliaires.

9.1.5 Caractéristiques des dispositifs auxiliaires:

a) emplacement et type des dispositifs auxiliaires et du système de surveillance d'état;

b) tension assignée d'alimentation (s'il y a lieu);

c) fréquence assignée d'alimentation (s'il y a lieu);

d) pression assignée d'alimentation (s'il y a lieu);

e) exigences spéciales de verrouillage.

9.1.6 Conditions spécifiques

En plus de ces caractéristiques, il est recommandé au demandeur d'indiquer toute condition qui peut influer sur la soumission ou la commande, telle que les moyens et/ou restrictions de transport, les conditions particulières de montage ou d'installation, l'emplacement des connexions externes à haute tension ou les règles pour les réservoirs à pression.

Il convient d'indiquer si des essais de type spéciaux sont demandés.

9.2 Renseignements à donner avec les soumissions

En principe, les renseignements suivants, si applicables, sont donnés par le constructeur, avec les notices descriptives et les plans.

9.2.1 Valeurs et caractéristiques assignées

Les caractéristiques de l'installation sont énumérées en 9.1.4.

9.2.2 Autres particularités de la ligne de transmission et de ses composants:

a) pression de calcul des enveloppes;

b) température de calcul des enveloppes;

c) type et pression assignée du gaz utilisé pour l'isolement;

d) pression minimale fonctionnelle;

e) volume de gaz pour les différents compartiments;

f) valeurs limites des taux d'humidité et de fuite de gaz;

g) détail des mesures appropriées pour la localisation des défauts.

9.2.3 Certificats ou comptes rendus d'essais de type

Lorsqu'ils sont demandés, les certificats ou compte rendus d'essais de type complets doivent être transmis.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

g) rated short-time withstand current (I_{th});

h) rated duration of short-circuit (if different from 1 s);

i) rated peak withstand current (if different from 2,5 I_{th});

j) maximum fault clearing time in case of internal fault;

k) maximum length of gas compartment and gas volume;

l) degree of protection for auxiliary circuits.

9.1.5 Particulars of the auxiliary devices:

a) location and type of auxiliary devices and monitoring system;

b) rated supply voltage (if any);

c) rated supply frequency (if any);

d) rated supply pressure (if any);

e) special interlocking requirements.

9.1.6 Specific conditions

In addition to these items, the enquirer should indicate every condition which might influence the tender or the order, such as, for example, transport facilities and/or restrictions, special mounting or erection conditions, the locating of the external high-voltage connections or the rules for pressure vessels.

Information should be supplied if special type tests are required.

9.2 Information with tenders

The following information, if applicable, should be given by the manufacturer with written descriptions and drawings.

9.2.1 Rated values and characteristics

Particulars of the installation are enumerated in 9.1.4.

9.2.2 Further particulars of the transmission line and its components:

a) design pressure of enclosures;

b) design temperature of enclosures;

c) type and rated pressure of gas for insulation;

d) minimum functional pressure;

e) volume of gas for the different compartments;

f) limit values of moisture content and gas leakage;

g) details of appropriate measures for fault location.

9.2.3 Type test certificate or reports

When requested, type test certificates or reports shall be transmitted as complete documents.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

9.2.4 Détail de construction:

a) masse de l'unité de transport la plus lourde;
d) dimensions hors tout de la ligne de transmission;
c) disposition des connexions externes;
d) dispositions pour le transport à prévoir par l'utilisateur;
e) dispositions pour l'installation et la pose prescrites par le constructeur;
f) emplacement des points de fixation sur les supports;
g) efforts maximaux à chaque point de fixation;
h) flèche maximale de l'enveloppe à chaque point de fixation.

9.2.5 Caractéristiques des dispositifs auxiliaires:

a) types et valeurs assignées comme énuméré en 9.1.5;
b) courant ou puissance absorbée en fonctionnement.

9.2.6 Informations concernant tous les sujets faisant l'objet d'un accord préalable entre constructeur et utilisateur

9.2.7 Liste des pièces détachées recommandées

Il convient que l'utilisateur se procure ces pièces détachées.

10 Règles pour le transport, le stockage, le montage et la maintenance

Se référer à la CEI 60694.

10.1 Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et le montage

Se référer à la CEI 60694, avec les compléments suivants:

La propreté interne a une influence directe sur le fonctionnement de la LIG, par conséquent la propreté doit être assurée par tous les moyens appropriés prescrits par le constructeur.

NOTE – Les précautions suivantes peuvent faire partie des moyens préconisés ci-dessus:

– la connexion de différents éléments de LIG sous atmosphère propre (par exemple au moyen d'abris fermés sous atmosphère sèche, avec régulation de température et en légère surpression);

– l'obturation des ouvertures durant l'installation par des caches ou des couvercles;

– si nécessaire, le nettoyage interne après montage;

– outre les précautions sur site, le transport avec préremplissage avec un gaz sec et propre, qui peut être utile pour maintenir les composants internes dans de bonnes conditions.

Il est conseillé de choisir l'unité de montage la plus importante possible de façon à réduire le montage sur site et les risques de pollution.

Il convient de protéger les cônes d'assemblage des différents éléments contre tout dommage aux portées de joint ou à la préparation des extrémités avant soudage.

Dans le cas où la LIG est constituée d'éléments soudés sur site, il convient de prendre des précautions pour éviter l'entrée dans la LIG de particules métalliques ou de fumée polluante.

Il convient que la procédure de montage soit couverte par le système d'assurance qualité.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

9.2.4 Constructional features:

a) mass of the heaviest transport unit;
b) overall dimensions of the transmission line;
c) arrangement of the external connections;
d) provisions for transport to be taken by the user;
e) provisions for installation and laying prescribed by the manufacturer;
f) location of the attachment points to the supports;
g) maximum forces to each attachment point;
h) maximum deflection of the enclosure at each attachment point.

9.2.5 Particulars of the auxiliary devices:

a) types and rated values as enumerated in 9.1.5;
b) current or input power for operation.

9.2.6 Information about all matters to be subject to prior agreement between manufacturer and user

9.2.7 List of recommended spare parts

Spare parts should be procured by the user.

10 Rules for transport, storage, installation and maintenance

See IEC 60694.

10.1 Conditions during transport, storage and installation

See IEC 60694, with the following addition:

Internal cleanliness influences the function of the GIL; cleanliness therefore shall be assured by suitable precautions as prescribed by the manufacturer.

NOTE – The following precautions may be included:

– connecting GIL units under clean conditions (e.g. closed assembly tents with dry air, temperature regulation and with slight gauge pressure);

– openings should be covered by dust-protector or coverplates during installation;

– if necessary, the complete GIL should be cleaned inside after assembly;

– additional to precautions on site, transportation with a prefill of dry and clean gas can be helpful to keep internal parts of the GIL in good condition.

The assembly unit should be as large as possible in order to reduce the assembly on site and the risk of pollution.

Connecting areas of the GIL units should be protected against damage to sealing surfaces or prepared edges for welding seams.

Where the GIL units have been welded on site, precautions should be made to avoid metal particles or polluting smoke entering the GIL.

The installation procedure should be covered by the quality assurance system.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

10.2 Installation

Pour chaque type de LIG, il convient que les instructions fournies par le constructeur comprennent au moins les indications mentionnées ci-dessous.

10.2.1 Déballage et manutention

Se référer à la CEI 60694.

10.2.2 Assemblage

Il convient que toutes les unités de transport soient clairement repérées. Il convient de fournir avec la LIG des dessins montrant l'assemblage de ces sous-ensembles.

10.2.3 Montage

Il convient que les instructions pour le montage de la LIG et des équipements auxiliaires comprennent les renseignements suffisants relatifs aux emplacements et aux fondations afin de permettre l'achèvement de la préparation du site. Il convient aussi de donner la masse moyenne par mètre de LIG.

10.2.4 Raccordements

Il convient que les instructions comprennent des renseignements sur:

a) le raccordement des conducteurs comprenant les directives nécessaires pour éviter l'échauffement excessif et des contraintes inutiles sur la LIG, et pour assurer les distances dans l'air convenables;

b) le raccordement des circuits auxiliaires;

c) le raccordement des canalisations de gaz, y compris les dimensions et la disposition des conduites;

d) le raccordement pour la mise à la terre.

10.2.5 Inspection finale de l'installation

Il convient que des instructions soient données pour la vérification et les essais à effectuer après l'installation de la LIG et l'achèvement de tous ses raccordements.

Il convient que ces instructions comprennent:

– une nomenclature des essais sur site recommandés pour établir un bon fonctionnement;

– les recommandations pour les mesure pertinentes qu'il convient de faire et d'enregistrer comme aide à la décision des futures opérations de maintenance;

– les instructions pour l'inspection finale et la mise en service.

10.3 Maintenance

10.3.1 Maintenance de la LIG

L'efficacité des actions de maintenance dépend principalement du respect des instructions prescrites par le constructeur et de leur mise en oeuvre.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

10.2 Installation

For each type of GIL the instructions provided by the manufacturer should at least include the items listed below.

10.2.1 Unpacking and lifting

See IEC 60694.

10.2.2 Assembly

All transport units should be clearly marked. Drawings showing assembly of these parts should be provided with the GIL.

10.2.3 Mounting

Instructions for mounting the GIL and auxiliary equipment should include sufficient details of locations and foundations to enable site preparation to be completed. The average mass per metre of the GIL should also be given.

10.2.4 Connections

Instructions should include information on:

a) connection of conductors, comprising the necessary advice to prevent overheating and unnecessary strain on the GIL and to provide adequate clearing distances;

b) connections of auxiliary circuits;

c) connection of gas systems, including the dimensions and positions of the piping;

d) connection for earthing.

10.2.5 Final installation inspection

Instructions should be provided for inspection and tests which should be made after the GIL has been installed and all connections have been completed.

The instructions should include:

– a schedule of recommended site tests to establish a correct functioning;

– recommendations for any relevant measurements that should be made and recorded to help future maintenance decisions;

– instructions for final inspection and putting into service.

10.3 Maintenance

10.3.1 Maintenance of GIL

The effectiveness of maintenance depends mainly on the way instructions are prepared by the manufacturer and implemented.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

10.3.2 Recommandations pour le constructeur

a) Il est recommandé au constructeur de fournir un manuel de maintenance comprenant les renseignements énumérés ci-dessous:

1) Etendue et fréquence de la maintenance

Dans ce but, il convient de prendre en compte les facteurs suivants:

– durée d'exploitation (intervalles périodiques);
– conditions d'environnement (installation à l'air libre, en tunnel ou en puits, enterrée, possibilité d'immersion dans l'eau permanente ou partielle);
– toute information pertinente issue de mesures, d'essais de diagnostic (si applicable) et de la surveillance d'état.

2) Description détaillée des travaux de maintenance:

– conditions recommandées pour les travaux de maintenance;
– procédure pour l'inspection, les essais de diagnostic, l'examen, l'entretien;
– référence aux dessins;
– référence aux numéros de pièces;
– utilisation de matériels ou d'outils spéciaux;
– précautions à observer (par exemple propreté et effets possibles de sous-produits dus à l'arc);
– procédés de lubrification.

3) Dessins détaillés des éléments de la LIG importants pour la maintenance, avec une identification claire (numéros des pièces et description) et situation dans la zone où la maintenance doit être faite au long de la LIG.

4) Limites des valeurs et tolérances qui, lorsqu'elles sont dépassées, rendent nécessaires une action corrective, par exemple:

– pression, masse volumique;
– caractéristiques du gaz isolant;
– qualité du gaz isolant;
– érosion admissible des parties sujettes à usure, par exemple anodes sacrificielles;
– couples;
– résistance électrique des connexions boulonnées de l'enveloppe;
– état du système de protection anticorrosion, du moins pour les installations enterrées.

5) Spécification pour les fournitures subsidiaires de maintenance, y compris les avertissements concernant les matériaux non compatibles connus:

– gaz isolant, si différent du SF_6 selon la CEI 60376;
– matériau pour protection anticorrosion;
– agents nettoyants et dégraissants;
– graisse.

6) Liste des outils spéciaux.

7) Essais après les travaux de maintenance.

8) Liste des pièces de rechanges et matériaux recommandés (description, numéro de référence, quantité) et conseils pour le stockage.

9) Estimation de la durée d'intervention pour la maintenance, une fois l'accès à la LIG rendu possible.

10) Comment traiter le matériel à la fin de sa vie utile, en prenant en compte les exigences concernant l'environnement.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

10.3.2 Recommendations for the manufacturer

a) The manufacturer should issue a maintenance manual including the following information:

1) Extend and frequency of maintenance:

For this purpose the following factors should be considered:

– time in service (periodic intervals);

– environmental conditions (installation in open air, in tunnels or shafts, buried installation, possibility of permanent or part-time immersion in water);

– any pertinent information from measurements, diagnostic tests (if any) and condition monitoring.

2) Detailed description of the maintenance work:

– recommended circumstances for maintenance;

– procedure for inspection, diagnostic tests, examination, overhaul;

– reference to drawings;

– reference to part numbers;

– use of special equipment or tools;

– precautions to be observed (e.g. cleanliness and effects of arc fault by products);

– lubrication procedure.

3) Comprehensive drawings of the details of the GIL important for maintenance, with clear identification (part number and description) and situation of the area, where maintenance shall take place along the GIL.

4) Limits of values and tolerances which, when exceeded, make corrective action necessary, e.g.:

– pressure, density levels;

– insulating gas characteristics;

– quality of insulating gas;

– permissible erosion of parts subject to wear, e.g. sacrificial anodes;

– torques;

– electrical resistance for bolted connection of the enclosure;

– condition of corrosion protection system, at least for buried installations.

5) Specifications for auxiliary maintenance materials, including warning of known non-compatibility of materials:

– insulating gas, if other than pure SF_6 according to IEC 60376;

– material for corrosion protection;

– cleaning and degreasing agents;

– grease.

6) List of special tools.

7) Tests after the maintenance work.

8) List of the recommended spare parts and materials (description, reference number, quantities) and advice for storage.

9) Estimate of active scheduled maintenance time after access to GIL is possible.

10) How to dispose of the equipment at the end of its service life, considering environmental requirements.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

b) Il est recommandé au constructeur d'informer les utilisateurs d'un type particulier de LIG sur les actions correctives rendues nécessaires par suite d'éventuels défauts et défaillances systématiques.

c) Disponibilité des pièces détachées:

il convient que le constructeur s'assure de la disponibilité des pièces détachées nécessaires aux procédures de maintenance pendant au moins dix ans à partir de la date d'arrêt de la fabrication de la LIG.

10.3.3 Recommandations pour l'utilisateur

a) Si l'utilisateur souhaite effectuer lui-même la maintenance, il lui est conseillé de s'assurer que son personnel possède la qualification suffisante et une connaissance spécifique de la LIG concernée.

b) Il convient que l'utilisateur enregistre les informations suivantes:

- le numéro de série et le type de l'appareillage;
- la date à laquelle la LIG est mise en service;
- les résultats de toutes les mesures et de tous les essais, y compris les essais de diagnostic effectués pendant la vie de la LIG;
- les dates et l'étendue des travaux de maintenance effectués;
- les références à tout rapport de défaillance.

c) Lorsqu'une défaillance et des défauts surviennent, il est recommandé à l'utilisateur d'établir un rapport de défaillance et d'informer le constructeur, en exposant les circonstances particulières de cette défaillance et en indiquant les mesures prises. Si nécessaire, il convient qu'une analyse de la défaillance soit faite en collaboration avec le constructeur.

10.3.4 Rapport de défaillance

Le but du rapport de défaillance est de normaliser l'enregistrement des défaillances des LIG avec les objectifs suivants:

– décrire la défaillance en utilisant une même terminologie;
– fournir des données pour les statistiques de l'utilisateur;
– fournir au constructeur un retour d'information significatif.

Un guide pour l'établissement d'un rapport de défaillance est donné ci-après.

Il convient qu'un rapport de défaillance contienne les éléments mentionnés ci-dessous.

a) Une identification de la LIG en défaut:

- nom de l'installation;
- identification de la LIG (constructeur, type, numéro de série, valeurs assignées);
- emplacement du défaut.

b) Historique de la LIG

- date de la mise en service du matériel;
- date de la défaillance/du défaut;
- date de la dernière maintenance;
- détails de toute modification apportée au matériel depuis sa fabrication;
- situation de la LIG au moment de la découverte de la défaillance/défaut (en service, en maintenance, etc.).

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

b) The manufacturer should inform the users of GIL about corrective actions required by possible systematic defects and failures.

c) Availability of spares:

the manufacturer should be responsible for ensuring the continued availability of spare parts required for maintenance for a period of not less than ten years from the date of final manufacture of the GIL.

10.3.3 Recommendations for the user

a) If the user wishes to carry out his own maintenance, he should ensure that his staff have sufficient qualifications as well as a detailed knowledge of the respective GIL.

b) The user should record the following information:

- the serial number and the type of GIL;
- the date on which the GIL is put in service;
- the results of all measurements and tests including diagnostic tests carried out during the life of the GIL;
- date and extent of the maintenance work carried out;
- references to any failure report.

c) In case of a failure or defects, the user should make a failure report and should inform the manufacturer, stating the special circumstances and measures taken. Depending upon the nature of the failure, an analysis of the failure should be made in collaboration with the manufacturer.

10.3.4 Failure report

The purpose of the failure report is to standardize the recording of the GIL failures with the following objectives:

– to describe the failure using a common terminology;
– to provide data for the user's statistics;
– to provide a meaningful feedback to the manufacturer.

The following gives guidance on how to make a failure report.

A failure report should include:

a) Identification of the GIL which failed:

- name of the installation;
- identification of the GIL (manufacturer, type, serial number, ratings);
- location of the failure.

b) History of the GIL:

- date of commissioning of the GIL;
- date of failure/defect;
- date of last maintenance;
- details of any changes made to the GIL since manufacture;
- condition of the GIL when the failure/defect was discovered (in service, maintenance, etc.).

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

c) Identification du sous-ensemble/composant en cause:

- composant à la tension du réseau;
- composant rigidement mis à la terre;
- isolation gazeuse;
- assemblages au niveau des contacts (y compris contact boulonnés);
- isolation solide interne;
- étanchéité au gaz;
- composant à la tension auxiliaire;
- raccord de tuyauterie;
- surveillance de la masse volumique du gaz;
- inconnu ou autre.

d) Classification (symptômes):

- amorçage (isolation solide);
- amorçage (isolation gazeuse);
- défaut lié au passage du courant;
- perte d'une fonction mécanique;
- perte de gaz;
- défaillance d'un dispositif de décharge de pression;
- perforation d'enveloppe;
- décharges partielles;
- autre.

e) Circonstances – service:

- en service normal;
- en essai;
- durant ou après une maintenance/réparation;
- hors service.

f) Circonstances – exploitation:

- sans intervention;
- courant de court-circuit supérieur à la valeur assignée;
- courant permanent supérieur à la valeur assignée;
- surtension de foudre sur le réseau connecté;
- surtension de manoeuvre ou transitoire rapide produit par le réseau connecté;
- surtension à fréquence industrielle;
- contrainte mécanique excessive;
- autre contrainte.

g) Cause:

- conception;
- ingénierie;
- fabrication;
- spécification incorrecte de montage, exploitation ou maintenance;
- montage incorrect;
- pollution interne;
- exploitation incorrecte ou erreur humaine;
- maintenance incorrecte;
- contraintes au-delà des spécifications (par exemple utilisation incorrecte);
- environnement: température, pluie, neige, tempête, etc.;
- corrosion;
- usure/vieillissement;
- inconnu ou autre.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

c) Identification of subassembly or component:

- component at high voltage;
- metallic earthed component;
- gas insulation;
- contact assemblies (including bolted contacts);
- solid insulation within GIL;
- gas sealing;
- component at auxiliary voltage;
- pipework fitting;
- gas density supervision;
- unknown or other.

d) Classification (symptoms):

- breakdown (solid insulation);
- breakdown (gas insulation);
- failure to carry current;
- loss of mechanical function;
- loss of gas;
- failure of pressure relief device;
- enclosure burn-through;
- partial discharge;
- other.

e) Circumstances – service:

- normal service;
- testing;
- during or after maintenance/repair;
- out of service.

f) Circumstances – operational:

- without manipulation;
- short-circuit current in excess of rating;
- normal current in excess of rating;
- lightning overvoltage on connected network;
- switching overvoltage or fast transient produced by connected network;
- power-frequency overvoltage;
- mechanical overstress;
- other stress.

g) Cause:

- design;
- engineering;
- manufacture;
- inadequate instructions for erection, operation or maintenance;
- incorrect erection;
- internal pollution;
- incorrect operation or human error;
- incorrect maintenance;
- stresses beyond specification (e.g. incorrect application);
- environment – temperature, rain, snow, storm, etc.;
- corrosion;
- wear/ageing;
- unknown or other.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

h) Type de réparation:
   – réparation du composant en défaut sur site;
   – remplacement du composant en défaut sur site;
   – remplacement de la totalité de l'enveloppe;
   – réparation en usine nécessaire;
   – remplacement des joints ou complément de remplissage seulement;
   – remplacement de l'équipement défaillant par un équipement de conception différente;
   – sans réparation.

i) Conséquences:
   – incendie et/ou explosion;
   – réparation immédiate nécessaire;
   – nécessité de mettre hors service pour examen ou modification les équipements similaires afin d'éviter des défauts récurrents;
   – conséquences limitées à la partie défaillante / pas d'autre conséquence sur la LIG;
   – totalité de l'installation hors service;
   – impact sur les LIG similaires;
   – pas de redondance disponible à l'instant du défaut;
   – durée d'indisponibilité de la LIG;
   – durée de la réparation;
   – coût de la main-d'oeuvre;
   – coût des pièces détachées.

Un rapport de défaillance peut contenir les informations suivantes:
   – dessins, croquis;
   – photographies des composants défectueux;
   – séquence des manoeuvres et diagrammes des temps du réseau connecté;
   – enregistrements ou courbes (oscilloperturbogrammes);
   – références au manuel de maintenance.

10.3.5 Manipulation du gaz

Les paragraphes suivants s'appliquent aux LIG remplies de gaz susceptibles d'avoir un impact sur l'environnement ou de créer un risque pour le personnel d'exploitation.

Pour les LIG utilisant du SF_6 ou des mélanges comprenant du SF_6, la CEI 61634 s'applique, en ajoutant les recommandations ci-dessous.

Le gaz isolant doit être manipulé de façon à ne causer aucun effet néfaste à l'environnement et aux personnes. Si le gaz lui-même ou les produits de décomposition qui pourraient être générés dans certaines conditions de service, par exemple lors d'un arc interne, présentent un risque pour le personnel, des précautions appropriées doivent être prises pour assurer une manipulation sans risque, incluant la décontamination après tout rejet accidentel de produits à risque.

Les réglementations sur les concentrations maximales autorisées sur les lieux de travail pour le gaz utilisé dans l'installation doivent être respectées. Ceci peut demander l'installation de dispositifs de mesure de concentration de gaz, et d'une ventilation. Ceci est particulièrement important dans les tranchées, tunnels et lieux similaires avec un espace restreint à proximité de l'installation. Pour l'azote ou d'autres gaz qui ne présentent pas de risques d'inhalation en eux-mêmes, des précautions similaires doivent être prises pour éviter toute suffocation.

Si le gaz utilisé a un impact environnemental, il ne doit pas, dans des conditions normales (par exemple: maintenance, réparation), être rejeté dans l'atmosphère. Ceci veut dire qu'il doit être récupéré au moyen d'un groupe de récupération ayant une capacité de stockage correspondant au plus grand volume de l'installation. Les fuites anormales doivent être étanchées. Le gaz contaminé doit être soit recyclé au moyen du groupe de récupération et réutilisé, soit, si ce n'est pas possible, envoyé à une compagnie spécialisée dans la décontamination / le recyclage des déchets. Si les déchets sont considérés comme présentant un risque, des règles pertinentes de sécurité doivent être respectées pendant les manipulations et le transport.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

h) Type of repair:

- repair of failed component on site;
- replacement of failed component on site;
- replacement of whole enclosure;
- repair in factory required;
- replacement of seals or refilling only;
- replacement of failed equipment with another design;
- without repair.

i) Consequences:

- fire and/or explosion;
- immediate repair necessary;
- similar equipment to be removed from service for inspection or modification to prevent recurrence;
- consequences limited to failed part / no other influence on GIL;
- whole GIL out of service;
- impact on similar GIL;
- no redundancy available at time of failure;
- GIL downtime;
- time consumption for repair;
- labour cost;
- spare parts cost.

A failure report may include the following information:

- drawings, sketches;
- photographs of defect components;
- operation and timing sequences from connected network;
- records or plots;
- reference to maintenance manuals.

10.3.5 Gas handling

The following applies to GIL filled with gases which might have an environmental impact or might impose a hazard to the operating personnel.

For GIL utilizing SF_6 gas or mixtures thereof, IEC 61634 applies, in addition to the recommendations below.

In general, insulating gas shall be handled in such a way as not to cause harmful effects to the environment or persons. If the gas, or its decomposition products, which might be generated under certain service conditions (e.g. due to internal arcing), impose a hazard to personnel, appropriate precautions shall be taken in order to ensure safe handling, including decontamination after accidental release of hazardous products.

Regulations concerning the maximum permitted concentration of gas in those work areas using the gas, shall be observed. This might call for installation of devices for measurement of the gas concentration, and for ventilation arrangements. This is particularly important when working in trenches, tunnels and similar locations with restricted space close to the installation. In the case of nitrogen and other gases which can be inhaled without risk, similar precautions shall be taken in order to prevent suffocation.

If the gas used has an environmental impact, it shall not under normal conditions (e.g. maintenance, repair) be released into the atmosphere. This means reclaiming by means of a gas handling unit with a storing capacity corresponding to the largest gas volume of the installation. Abnormal leaks shall be rectified. Contaminated gas shall either be reprocessed by means of the gas handling unit and reused, or, if not possible, be sent to a company specialized in decontamination/reprocessing of waste. If the waste is considered to be hazardous, relevant rules for safety during handling and transportation shall be observed.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

11 Sécurité

Une LIG ne peut être sûre que si elle est installée selon les règles d'installation applicables, et utilisée et entretenue selon les instructions du constructeur. Elle doit être exploitée et entretenue par des personnes qualifiées.

Dans la mesure où tout accès aux parties actives est absolument impossible, une LIG offre un degré de sécurité maximal. Elle n'est toutefois normalement accessible qu'à des personnes qualifiées.

Quand elle est installée dans une zone accessible au public, des mesures de sécurité supplémentaires sont nécessaires, selon le type d'installation; on distingue deux types d'installation.

– En cas d'installation enterrée, il n'y a pas d'accès direct mais un marquage visible et une bande de marquage interné informe les personnes qu'un appareil électrique est enfoui à cet endroit. Ces dispositions combinées à une épaisseur de terre suffisante (typiquement 1 m, se référer à 2.2) devraient éviter tout contact accidentel.
– En cas d'installation au-dessus du sol, des barrières ou des moyens équivalents doivent longer la LIG de façon qu'aucun contact involontaire avec la LIG ou ses accessoires ne soit possible.

Les spécifications suivantes donnent, pour l'appareillage, des mesures de sécurité des personnes contre divers risques:

11.1 Aspects électriques

– Isolement du circuit principal (voir 4.2)
– Mise à la terre (voir 5.2.2)
– Séparation des circuits HT et des circuits auxiliaires BT pour la surveillance d'état (voir 5.3)
– Codification IP (contact direct) (voir 5.6)
– Effet d'un arc interne (voir 5.7)

11.2 Aspects mécaniques

– Contraintes mécaniques dues à l'environnement extérieur ou à l'interaction entre la LIG et son environnement:
  • mouvement des fondations, séismes, efforts du sol, vent, glace (voir 5.8.2, 5.13)
  • dilatation thermique (voir 5.11)
– Composants sous pression (voir 5.8.2, 5.9, 5.10)
– Protection contre les impacts mécaniques(se référer à la CEI 60694)

11.3 Aspects thermiques

– Températures maximales des parties accessibles (voir 4.4.2)
– Inflammabilité (se référer à la CEI 60694)

11.4 Aspects liés à la maintenance

– Manipulation du gaz (voir 10.3.1)
– Travail du personnel de maintenance dans des tunnels (voir 5.10.2)

  Les travaux du personnel de maintenance doivent être strictement limités. Quand une maintenance est nécessaire, ses conditions doivent être soigneusement définies, et rendre en compte la conception de la LIG (volumes de gaz des compartiments, présence de dispositifs de décharge de pression, etc.) et le volume du tunnel.
– Mise à la terre des circuits principaux et des enveloppes (voir 5.2.1, 5.2.2)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

11 Safety

High-voltage, gas-insulated transmission lines can be safe only when installed in accordance with the relevant installation rules, and used and maintained in accordance with the manufacturer's instructions. It shall be operated and maintained by qualified personnel.

Due to the fact that it is completely impossible to touch any live part, a GIL provides a maximum degree of safety. However, it is normally only accessible by instructed persons.

When it is installed in an area accessible to the public, additional safety features shall be required. Two types of installation are to be considered.

– In the case of buried installations, there is no direct access but visible markings and a buried marker tape inform persons that an electrical device is buried at this location. These dispositions, combined with a sufficient thickness of earth (typically 1 m, see 2.2) should avoid any accidental contact.
– In the case of above ground installations, fences or equivalent means shall be located along the GIL in such a way that no unintentional contact with the GIL or its accessories is possible.

The following specifications provide personal safety measures for GIL against various hazards:

11.1 Electrical aspects

– Insulation of the main circuit (see 4.2)
– Earthing (see 5.2.2)
– Separation of HV and LV auxiliary circuits for monitoring (see 5.3)
– IP coding (direct contact) (see 5.6)
– Effect of an internal fault (see 5.7)

11.2 Mechanical aspects

– Mechanical stress due to the action of the external environment, or interaction between GIL and the environment:
  • movement of foundation, earthquakes, soil loading, wind, ice (see 5.8.2, 5.13)
  • thermal expansion (see 5.11)
– Pressurized components (see 5.8.2, 5.9, 5.10)
– Mechanical impact protection (see IEC 60694)

11.3 Thermal aspects

– Maximum temperature of accessible part (see 4.4.2)
– Flammability (see IEC 60694)

11.4 Maintenance aspects

– Gas handling (see 10.3.1)
– Operations of maintenance personnel in tunnels (see 5.10.2)

  Operations performed by maintenance personnel shall be strictly limited. When a maintenance operation is necessary, conditions shall be carefully defined and take into account the design of the GIL (gas volumes of the compartments, presence of pressure relief devices, etc.) and the volume of the tunnel.
– Earthing of the main circuits and the enclosure (see 5.2.1, 5.2.2)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe A
(informative)

Evaluation du courant permanent

A.1 Introduction

L'objectif de cette annexe est de définir le courant permanent de la LIG dans le cas où les conditions d'exploitation sont différentes de celles de l'essai de type; par exemple, LIG à l'air libre directement exposée au rayonnement solaire, LIG enterrée ou LIG dans un fourreau ou un tunnel à refroidissement forcé. Autres changements possibles: différences de distance entre les phases ou de position des phases en cas de LIG monophasée ou différences de courants dans les enveloppes consécutives à la mise à la terre. La méthode proposée donne les bases de l'évaluation du courant permanent, et se réfère à la CEI 60287-3-1.

A.2 Considérations générales

Contrairement aux dispositions des normes applicables, l'évaluation du courant permanent peut ne pas être basée uniquement sur le calcul mais être déduite des valeurs de référence obtenues à partir des résultats de l'essai de type. Les normes concernées peuvent être utilisées pour le calcul. En cas d'utilisation d'autres méthodes de calcul appropriées, celles-ci peuvent être précisées. Le calcul est autorisé si l'augmentation de la température du conducteur n'est pas supérieure à 15 K par rapport à l'essai de type effectué.

NOTE – Bien que la CEI 60287-3-1 ait pour objet les câbles, les calculs donnés sont également valables pour la LIG, sauf mention contraire dans les considérations relatives à certains rapports (principalement en ce qui concerne les dimensions).

A.3 Symboles

D_c	diamètre du conducteur	(m)
D_e	diamètre de l'enveloppe	(m)
L	longueur de la LIG	(m)
n	nombre de phases dans une enveloppe	
$\Delta\theta_c$	échauffement moyen du conducteur	(K)
$\Delta\theta_{mc}$	échauffement maximal du conducteur	(K)
$\Delta\theta_e$	échauffement moyen de l'enveloppe	(K)
$\Delta\theta_{me}$	échauffement maximal de l'enveloppe	(K)
$\Delta\theta_{ce}$	différence moyenne de température entre le conducteur et l'enveloppe	(K)
I_s	courant permanent évalué	(kA)
K	coefficient d'échange thermique	
α	coefficient de température de la résistivité électrique	(1/K)
αc	coefficient de température de la résistivité électrique dans le cas du conducteur	(1/K)
αe	coefficient de température de la résistivité électrique dans le cas de l'enveloppe	(1/K)

A.4 Valeurs de référence

Les valeurs de référence suivantes peuvent être déduites des résultats de l'essai de type:

a) valeurs générales de l'essai de type;
b) résistances en courant alternatif;
c) dissipation;
d) résistances thermiques;
e) coefficients thermiques.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex A
(informative)

Estimation of continuous current

A.1 Introduction

The aim of this annex is to define the continuous current of the GIL when operating conditions are different from those of type tests, for example, open air GIL directly exposed to solar radiation, buried GIL or GIL in shafts or tunnels with forced cooling. Other changes might include different distances between phases or phase positions in the case of single-phase GIL or different enclosure currents due to earthing. The proposed method provides basis for the estimation of continuous current, and refers to IEC 60287-3-1.

A.2 General premises

In contrast to the referred standards, the estimation of the continuous current may not solely be based on calculation, but be deduced from reference values to be obtained from type test results. The given standards may be used for calculation. If other appropriate calculation methods are used, these may be mentioned. The calculation is allowed if the temperature rise of the conductor is not more than 15 K with respect to the performed type test.

NOTE – Although the scope of IEC 60287-3-1 refers to cables, the given calculations are also valid for GIL, unless the premises for certain relations (mainly concerning dimensions) define otherwise.

A.3 Symbols

D_c	diameter of conductor	(m)
D_e	diameter of enclosure	(m)
L	length of GIL	(m)
n	number of phases in one enclosure	
$\Delta\theta_c$	average temperature rise of the conductor	(K)
$\Delta\theta_{mc}$	maximum temperature rise of the conductor	(K)
$\Delta\theta_e$	average temperature rise of the enclosure	(K)
$\Delta\theta_{me}$	maximum temperature rise of the enclosure	(K)
$\Delta\theta_{ce}$	average temperature difference between conductor and enclosure	(K)
I_s	estimated continuous current	(kA)
K	thermal coefficient for heat exchange	
α	temperature coefficient of electrical resistivity	(1/K)
αc	temperature coefficient of electrical resistivity for conductor	(1/K)
αe	temperature coefficient of electrical resistivity for enclosure	(1/K)

A.4 Reference values

The following reference values may be deduced from the type test results:

a) general type test values;

b a.c. resistances;

c) dissipation;

d) thermal resistances;

e) thermal coefficients.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

A.4.1 Valeurs générales de l'essai de type

L'essai de type réalisé doit donner ou permettre de déduire les valeurs suivantes:

I_r	courant assigné	(kA)
$\Delta\theta_{co}$	échauffement moyen du conducteur	(K)
$\Delta\theta_{mco}$	échauffement maximal du conducteur	(K)
R_{dco}	résistance en courant continu du conducteur à température ambiante	(μΩ)
I_{eo}	courant d'enveloppe	(kA)
$\Delta\theta_{eo}$	échauffement moyen de l'enveloppe	(K)
$\Delta\theta_{meo}$	échauffement maximal de l'enveloppe	(K)
R_{deo}	résistance en courant continu de l'enveloppe à température ambiante	(μΩ)
$\Delta\theta_{ceo}$	différence moyenne de température entre le conducteur et l'enveloppe	(K)

NOTE – La température moyenne est déterminée à partir du profil des températures sur la longueur (testée).

A.4.2 Résistances en courant alternatif

La résistance en courant alternatif R_{co} du conducteur, lorsque ce dernier est à sa température moyenne peut être déduite soit de la résistance en courant continu mesurée R_{dco} et de la CEI 60287-3-1, soit par un calcul approprié.

La résistance en courant alternatif R_{eo} de l'enveloppe, lorsque cette dernière est à sa température moyenne, peut être déduite soit de la résistance en courant continu mesurée R_{deo} et de la CEI 60287-3-1, soit par un calcul approprié.

NOTE 1 – Il convient également de prendre en compte la résistance de contact.

NOTE 2 – Cette valeur de résistance de la LIG est définie en fonction de la longueur de la LIG en question.

NOTE 3 – Il est conseillé de prendre l'effet de proximité en compte; il peut être fait référence, par exemple, à la CEI 60287-3-1.

A.4.3 Dissipation

La dissipation dans le conducteur P_{co}, lorsque ce dernier est à sa température moyenne, peut être déterminée par:

$$P_{co} = I_r^2 \times R_{co}$$

La dissipation dans l'enveloppe P_{eo}, lorsque cette dernière est à sa température moyenne, peut être déterminée par la formule suivante, dans le cas où l'amplitude serait connue:

$$P_{eo} = I_{eo}^2 \times R_{eo}$$

Sinon, la dissipation dans l'enveloppe due à des courants de Foucault peut être déterminée par calcul (se référer, par exemple, à la CEI 60287-3-1).

A.4.4 Résistances thermiques

La résistance thermique T_{ceo} entre le conducteur et l'enveloppe est donnée par:

$$T_{ceo} = \Delta\theta_{ceo} / P_{co}$$

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

A.4.1 General type test values

The following values have to be derived from or given by the performed type test:

I_r	rated current	(kA)
$\Delta\theta_{co}$	average temperature rise of the conductor	(K)
$\Delta\theta_{mco}$	maximum temperature rise of the conductor	(K)
R_{dco}	d.c. resistance of conductor at ambient temperature	(μΩ)
I_{eo}	enclosure current	(kA)
$\Delta\theta_{eo}$	average temperature rise of the enclosure	(K)
$\Delta\theta_{meo}$	maximum temperature rise of the enclosure	(K)
R_{deo}	d.c. resistance of enclosure at ambient temperature	(μΩ)
$\Delta\theta_{ceo}$	average temperature difference between conductor and enclosure	(K)

NOTE – The average temperature is determined from the temperature profile over the (tested) length.

A.4.2 AC resistances

The a.c. resistance of the conductor at average conductor temperature R_{co} may either be deduced from the measured d.c. resistance R_{dco} and IEC 60287-3-1 or by appropriate calculation.

The a.c. resistance of the enclosure at the average enclosure temperature R_{eo} may either be deduced from the measured d.c. resistance R_{deo} and IEC 60287-3-1 or by appropriate calculation.

NOTE 1 – Contact resistance should also be taken into account.

NOTE 2 – Such resistance value of the GIL should be defined in relation to the length of the GIL under consideration.

NOTE 3 – Proximity effect should be considered; reference may be made to IEC 60287-3-1 or appropriate literature.

A.4.3 Dissipation

The dissipation in the conductor P_{co} at average conductor temperature may be determined by:

$$P_{co} = I_r^2 \times R_{co}$$

The dissipation in the enclosure at P_{eo} average enclosure temperature may be determined in case of known amplitude by:

$$P_{eo} = I_{eo}^2 \times R_{eo}$$

Otherwise the dissipation in the enclosure due to eddy currents may be determined by calculation (refer IEC 60287-3-1 or appropriate literature).

A.4.4 Thermal resistances

The thermal resistance T_{ceo} between conductor and enclosure is given by:

$$T_{ceo} = \Delta\theta_{ceo} / P_{co}$$

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

La résistance thermique T_{eo} entre l'enveloppe et l'environnement est donnée par:

$$T_{eo} = \Delta\theta_{eo} / [n \times P_{co} + P_{eo}]$$

A.4.5 Coefficient thermique

La résistance thermique T est donnée dans la CEI 60287-3-1 (résistance thermique dans l'air (milieu gazeux)) comme étant

$$T = 1 / [\pi \times D \times K \times \theta^{0,25}]$$

où

K est le coefficient thermique;

D est le diamètre;

θ est la différence de température.

Les coefficients thermiques K_{ce} et K_e respectivement pour T_{ce} et T_e sont par conséquent donnés par:

$$K_{ce} = 1 / [T_{ceo} \times \pi \times D_c \times \Delta\theta_{ceo}^{0,25}]$$

$$K_e = 1 / [T_{eo} \times \pi \times D_e \times \Delta\theta_{eo}^{0,25}]$$

NOTE – D'après la CEI 60943, le rapport entre le courant et l'augmentation de température est le suivant:

$$I^{1,67} = K' \Delta\theta.$$

Par conséquent, d'après la CEI 60943, la résistance thermique serait donnée par:

$$T = 1 / [\pi \times D \times K' \theta^{0,2}]$$

A.5 Evaluation des caractéristiques assignées du courant

Il convient de prendre en considération les points suivants dans l'évaluation du courant permanent.

A.5.1 Echauffement maximal

Attendu que les calculs sont basés sur l'échauffement moyen, le rapport suivant est utilisé pour déterminer l'échauffement maximal du conducteur en fonction de l'échauffement moyen du conducteur:

$$\delta\theta_{mc} = (I_s/I_r)^2 \times (\Delta\theta_{mco} - \Delta\theta_{co})$$

Par conséquent, l'échauffement maximal $\Delta\theta_{mc}$ du conducteur est donné par:

$$\Delta\theta_{mc} = \Delta\theta_c + \delta\theta_{mc}$$

L'échauffement maximal $\delta\theta_{me}$ de l'enveloppe est obtenu de la même manière.

A.5.2 Sources de chaleur

L'influence des phases adjacentes peut être prise en compte dans l'évaluation d'une source de chaleur extérieure.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

The thermal resistance T_{eo} between enclosure and the environment is given by:

$$T_{eo} = \Delta\theta_{eo} / [n \times P_{co} + P_{eo}]$$

A.4.5 Thermal coefficient

The thermal resistance T is given in IEC 60287-3-1 (thermal resistance in air (gaseous medium)) as:

$$T = 1 / [\pi \times D \times K \times \theta^{0,25}]$$

where

K is the thermal coefficient;

D is the diameter;

θ is the temperature difference.

The thermal coefficients K_{ce} and K_e for respectively T_{ce} and T_e are therefore given by:

$$K_{ce} = 1 / [T_{ceo} \times \pi \times D_c \times \Delta\theta_{ceo}^{\ 0,25}]$$

$$K_e = 1 / [T_{eo} \times \pi \times D_e \times \Delta\theta_{eo}^{\ 0,25}]$$

NOTE – According to IEC 60943, the relationship between current and temperature rise is:

$$I^{1,67} = K' \Delta\theta.$$

Therefore the thermal resistance according to IEC 60943 would be given by:

$$T = 1 / [\pi \times D \times K' \theta^{0,2}]$$

A.5 Estimation of current rating

In establishing the estimated continuous current, the following should be taken into consideration.

A.5.1 Maximum temperature rise

Since the calculations are based on the average temperature rise, the following relation is used to determine the maximum temperature rise of the conductor relative to the average conductor temperature rise:

$$\delta\theta_{mc} = (I_s/I_r)^2 \times (\Delta\theta_{mco} - \Delta\theta_{co})$$

Therefore, the maximum temperature rise $\Delta\theta_{mc}$ of the conductor is given by:

$$\Delta\theta_{mc} = \Delta\theta_c + \delta\theta_{mc}$$

The maximum temperature rise $\delta\theta_{me}$ of the enclosure is found in exactly the same way.

A.5.2 Heat input

The influence of the adjacent phases may be taken into account for the evaluation of external heat input.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

A.5.2.1 Evaluation de la dissipation interne

La dissipation interne du conducteur pour la situation requise est donnée par:

$$P_c = (I_s/I_r)^2 \times P_{co} [1 + \alpha_c \times (\Delta\theta_c - \Delta\theta_{co})]$$

La dissipation de l'enveloppe pour la situation requise est donnée par:

$$P_e = (I_s/I_r)^2 \times P_{eo} [1 + \alpha_e \times (\Delta\theta_e - \Delta\theta_{eo})]$$

NOTE – Dans le cas où le schéma de l'installation serait différent (exemple: différence de distance entre phases pour des équipements monophasés ou différence de mise à la terre), le calcul de la dissipation sera corrigé en conséquence.

A.5.2.2 Sources de chaleur extérieures

Les autres sources de chaleur extérieures telles que le rayonnement solaire, l'influence de phases adjacentes, etc., sont en principe prises en compte. Dans ce qui suit, leur effet est désigné par le symbole P_S.

A.5.3 Résistances thermiques

A.5.3.1 Résistance thermique interne

La résistance thermique interne T_{ce}, entre le conducteur et l'enveloppe peut être calculée suivant la formule donnée en A.4.4. Le coefficient thermique calculé peut être utilisé.

A.5.3.2 Résistance thermique externe

La résistance thermique externe à l'environnement de l'enveloppe, T_e, est donnée en A.4.4, y compris le coefficient thermique, dans le cas d'une installation à l'air libre. Dans ce cas, l'influence du vent, etc. n'est pas prise en compte.

Dans d'autres cas, la résistance thermique externe, T_e, peut être déterminée, par exemple, conformément à la CEI 60287-3-1.

NOTE – La résistance thermique externe correspond à la résistivité thermique totale de l'enveloppe à l'environnement.

A.5.4 Evaluation de l'échauffement maximal

L'échauffement moyen de l'enveloppe est défini par:

$$\Delta\theta_e = T_e \times (n \times P_c + P_e + P_s)$$

L'échauffement maximal de l'enveloppe est alors donné par:

$$\Delta\theta_{me} = \Delta\theta_e + \delta\theta_{me}$$

et l'échauffement maximal du conducteur est donné par la relation suivante:

$$\Delta\theta_{mc} = \Delta\theta_e + \delta\theta_{mc} + T_{ce} \times P_c$$

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

A.5.2.1 Estimated internal dissipation

The internal dissipation of the conductor for the required situation is given by:

$$P_c = (I_s/I_r)^2 \times P_{co} [1 + \alpha_c \times (\Delta\theta_c - \Delta\theta_{co})]$$

The dissipation of the enclosure for the required situation is given by:

$$P_e = (I_s/I_r)^2 \times P_{eo} [1 + \alpha_e \times (\Delta\theta_e - \Delta\theta_{eo})]$$

NOTE – When the lay-out of the installation is different (e.g. different phase distance of single-phase equipment or different earthing) the calculation of the dissipation is adjusted accordingly.

A.5.2.2 External heat input

Other external heat sources should be taken into account such as solar radiation, influence of adjacent phases, etc. In the following, their effect is designated by the symbol P_s.

A.5.3 Thermal resistances

A.5.3.1 Internal thermal resistance

The internal thermal resistance T_{ce} between conductor and enclosure may be calculated according to the formula given in A.4.4. The calculated thermal coefficient may be used.

A.5.3.2 External thermal resistance

The external thermal resistance T_e of the enclosure to the environment, for an installation in free air, is given in A.4.4, including the thermal coefficient. In this case, the influence of wind, etc., is neglected.

The external thermal resistance T_e for other situations may be determined according to IEC 60287-3-1 or other relevant literature.

NOTE – The external thermal resistance is the total thermal resistivity of the enclosure to the environment.

A.5.4 Estimated maximum temperature rise

The estimated average temperature rise of the enclosure is defined

$$\Delta\theta_e = T_e \times (n \times P_c + P_e + P_s)$$

The maximum temperature rise of the enclosure is then given by:

$$\Delta\theta_{me} = \Delta\theta_e + \delta\theta_{me}$$

and the maximum temperature rise of the conductor is given by the following:

$$\Delta\theta_{mc} = \Delta\theta_e + \delta\theta_{mc} + T_{ce} \times P_c$$

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

A.5.5 Echauffements admissibles

L'échauffement de n'importe quel point de la LIG (conducteur, enveloppe, tunnel, etc.) peut être conforme à l'échauffement autorisé par la norme CEI applicable.

A.5.6 Evaluation du courant permanent

Le courant permanent est défini par la résolution simultanée des relations et des considérations des paragraphes de la présente annexe.

A.6 Document de référence

CEI 60943:1998, *Guide concernant l'échauffement admissible des parties des matériels électriques, en particulier les bornes de raccordement*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

A.5.5 Permissible temperature rises

The temperature rise of any point of the GIL (conductor, enclosure, tunnel, etc.) may be in accordance with the allowed temperature rise of the relevant IEC standard.

A.5.6 Estimated continuous current

The estimated continuous current is defined by the simultaneous solution of the relations and premises given in the subclauses of this annex.

A.6 Reference document

IEC 60943:1998, *Guidance concerning the permissible temperature rise for parts of electrical equipment, in particular for terminals*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe B
(informative)

Mise à la terre

B.1 Généralités

Le schéma de mise à la terre est conçu pour garantir l'absence de risques pour les personnes et de dommages aux équipements, dus à des différences de potentiel dangereuses dans les conditions normales ou anormales d'exploitation.

B.2 Limites de sécurité quant à l'augmentation du potentiel

Il convient que le schéma de mise à la terre soit conçu de façon à tenir compte des augmentations de potentiel dues à des courants de défaut, à des courants haute fréquence associés à une tension transitoire d'enveloppe (voir ci-dessous) et, pour certains types de connexion des enveloppes, à des tensions en régime permanent (voir ci-dessous).

Il convient que les valeurs des tensions de contact, des tensions de pas et des tensions couplées acceptables pour la sécurité des personnes soient déterminées en tenant compte des termes de la CEI 60479-1 et de la CEI 60479-2. On attire l'attention sur d'autres limites relatives à l'augmentation du potentiel qui pourraient être imposées par des règlements locaux (tensions en régime permanent, tensions induites).

B.3 Enveloppes

Une LIG est contenue dans une enveloppe conductrice au potentiel de la terre ou proche de ce potentiel.

B.4 Electrodes de terre

Une électrode de terre fournit un chemin à la terre faiblement impédant, à la fois pour les courants de défaut et les courants haute fréquence associés à une tension transitoire d'enveloppe (voir ci-dessous).

Il convient que l'électrode de terre soit conçue en tenant compte du courant maximal du défaut à la terre et de la durée maximale du défaut à la terre à l'emplacement considéré dans le réseau, ainsi que de la résistivité du sol afin d'éviter les différences de potentiel dangereuses.

Il convient de choisir la section de l'électrode de terre de manière à ce qu'elle supporte, avec un échauffement acceptable, le courant maximal du défaut à la terre et sa durée maximale à l'emplacement considéré dans le réseau.

Il est recommandé que les connexions soient conçues en tenant compte du courant maximal du défaut à la terre et de sa durée maximale à l'emplacement considéré dans le réseau.

Il convient que l'électrode de terre soit conçue en tenant compte des contraintes mécaniques pouvant survenir pendant l'installation et dans des états de défaut.

Il convient que l'électrode de terre soit réalisée dans une matière résistante à la corrosion.

B.5 Conducteurs du circuit de mise à la terre

Il se peut que les conducteurs du circuit de mise à la terre aient à transporter à la fois des courants de défaut et des courants haute fréquence associés à des tensions transitoires d'enveloppe (voir ci-dessous). Dans certains cas, les conducteurs transporteront des courants homopolaires ou bien des courants de circulation à fréquence industrielle.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex B
(informative)

Earthing

B.1 General

The earthing system is designed to ensure that no danger to persons or damage to equipment occurs under normal or abnormal operating conditions due to hazardous potential differences.

B.2 Safe limits on potential rise

The design of the earthing system should take into account potential rises due to fault currents, high-frequency currents associated with transient enclosure voltage (see below) and, for some types of bonding, standing voltages (see below).

Acceptable values for touch potentials, step potentials and transferred potentials for the safety of persons should be determined with reference to IEC 60479-1 and IEC 60479-2. Attention is drawn to further limits on potential rise (standing voltages, induced voltages) that may be imposed by local regulations.

B.3 Enclosures

A GIL is contained within a conducting enclosure nominally at, or near, ground potential.

B.4 Earth electrodes

An earth electrode provides a low-impedance path to earth for both fault currents and high-frequency currents associated with transient enclosure voltage (see below).

The earth electrode design should take into account the maximum ground fault current and duration at that position in the system and the soil resistivity so that hazardous potential differences do not occur.

The earth electrode cross-sectional area should be chosen to accommodate the maximum ground fault current and duration at that position in the system within an acceptable temperature rise.

The design of any joints should take into account the maximum ground fault current and duration at that position in the system.

The earth electrode design should take into account the mechanical stresses that may occur during installation and during fault conditions.

The earth electrode material should be resistant to corrosion.

B.5 Conductors of earthing system

The conductors of the earthing system may be required to carry both fault currents and high-frequency currents associated with transient enclosure voltages (see below). In some cases conductors will carry zero sequence currents or circulating power-frequency currents.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Il convient que le conducteur soit conçu en tenant compte de tous les courants susceptibles de transiter afin d'éviter les différences de potentiel dangereuses.

Il convient que les conducteurs soient larges (typiquement, plus de 50 mm de largeur), aussi courts que possible, et qu'ils changent le moins possible de direction, afin d'obtenir une inductance faible. Il est conseillé d'éviter les coudes en équerre dans les conducteurs.

Il convient de choisir la section du conducteur de terre de manière qu'il supporte, avec un échauffement acceptable, tout courant susceptible de transiter.

Il convient que les connexions soient conçues en tenant compte de tous les courants susceptibles de transiter.

Il est recommandé que le conducteur soit conçu en tenant compte des contraintes mécaniques pouvant survenir en cas de défaut.

B.6 Continuité de la terre

La continuité électrique entre les circuits de mise à la terre à chaque extrémité de la ligne de transport est nécessaire pour fournir un chemin de faible impédance aux courants homopolaires.

Lorsqu'il est impossible d'utiliser les enveloppes pour assurer une bonne continuité de terre, il est nécessaire d'avoir un conducteur de continuité de terre séparé.

B.7 Tensions induites

Il convient que le circuit de mise à la terre soit conçu de façon à éviter l'écoulement dans la terre de courants élevés, étant donné que ceux-ci peuvent induire des tensions dangereuses dans les circuits de communication voisins, pipelines etc., susceptibles d'appartenir à d'autres services.

B.8 Tensions transitoires d'enveloppe

Des événements tels que des manoeuvres d'appareillage (en particulier le fonctionnement d'un sectionneur), des défauts, des coups de foudre ou encore le fonctionnement de parafoudres provoquent des transitoires à front rapide. Dans ces circonstances, des discontinuités dans les enveloppes (par exemple là où une bride isolante constitue la partie essentielle de la structure ou au niveau de traversées gaz/air) permettront aux courants haute fréquence de se coupler et de se propager à l'extérieur des enveloppes, provoquant ainsi des tensions transitoires d'enveloppe. Le schéma de mise à la terre est conçu de façon à limiter les effets des tensions transitoires d'enveloppe.

B.9 Résistances non linéaires

Afin d'assurer une protection contre les effets des tensions transitoires d'enveloppe, il convient que des dispositifs de protection (résistances non linéaires) soient installés là où les extrémités des enveloppes ne sont pas reliées à la terre.

Il convient que la tension nominale des dispositifs soit coordonnée avec les tensions en régime permanent induites par le courant assigné et le courant de court-circuit (voir B.10.2.2.1 et B.10.2.2.2). Il convient que les dispositifs aient une absorption d'énergie et une réponse en haute fréquence appropriées.

Il convient de les disposer de manière à obtenir une faible inductance de connexion, grâce à une longueur réduite des liaisons et à la mise en parallèle de plusieurs dispositifs.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

The conductor design should take into account all currents to be carried so that hazardous potential differences do not occur.

The conductors should be wide (typically greater than 50 mm in width), kept as short as possible and as free from changes in direction as possible to achieve a low inductance. Sharp bends in the conductors should be avoided.

The conductor cross-sectional area should be chosen to accommodate any current to be carried within an acceptable temperature rise.

The design of any joint should take into account all currents to be carried.

The conductor design should take into account the mechanical stresses that may occur during fault conditions.

B.6 Earth continuity

Electrical continuity between the earthing systems at either end of the transmission line route is necessary to provide a low impedance path for zero sequence currents.

Where it is not possible to use the enclosures to provide adequate earth continuity, a separate earth continuity conductor will be necessary.

B.7 Induced voltages

The earthing system should be designed to avoid large ground currents flowing as these may induce hazardous voltages in neighbouring communications circuits, pipelines, etc., possibly belonging to other authorities.

B.8 Transient enclosure voltage

Events such as switching (particularly disconnector operation), fault conditions, lightning strokes and operation of surge arresters generate fast fronted transients. Under such conditions, discontinuities in enclosures (e.g. where an insulating flange forms an essential part of the structure, or at gas to air bushings) will allow high-frequency currents to couple out and propagate on the outside of the enclosures giving rise to transient enclosure voltages. Precautions are taken in the design of the earthing system to limit the effects of transient enclosure voltages.

B.9 Non-linear resistors

To protect against the effects of transient enclosure voltages, protective devices (non-linear resistors) should be installed where the ends of enclosures are not connected to earth.

The rated voltage of the devices should be coordinated with standing voltages induced by rated and short-circuit current (see B.10.2.2.1 and B.10.2.2.2). The devices should have adequate energy absorption and high-frequency response.

They should be arranged to give a low-inductance connection by minimizing the length of the connecting leads and connecting a number of devices in parallel.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

B.10 Connexions et mise à la terre des enveloppes

Par analogie avec les circuits de câble, les schémas suivants de connexion et de mise à la terre des enveloppes sont possibles:

B.10.1 Lignes de transport triphasées

Lorsque les trois phases d'une ligne de transport sont contenues dans une seule enveloppe, l'enveloppe peut être mise à la terre aux deux extrémités de la ligne de transport. En principe l'enveloppe assurera une bonne continuité à la terre entre ses deux extrémités et il sera inutile d'utiliser un conducteur de terre séparé. Le courant à fréquence industrielle circulant dans l'enveloppe sera minime et apportera une faible contribution à la dissipation thermique totale de la ligne de transport.

Il peut s'avérer nécessaire de mettre l'enveloppe à la terre en d'autres points le long de la ligne afin de réduire la montée du potentiel de terre dans des conditions de défaut interne.

B.10.2 Lignes de transport monophasées

Lorsque les trois phases d'une ligne de transport sont contenues dans des enveloppes séparées, plusieurs schémas de connexion et de mise à la terre des enveloppes sont possibles. Sur la longueur d'un circuit, il est possible d'utiliser plusieurs schémas différents.

B.10.2.1 Enveloppes court-circuitées et mises à la terre

Lorsque les enveloppes sont court-circuitées et mises à la terre à chaque extrémité, les courants de circulation à fréquence industrielle réduisent à des valeurs très basses le champ magnétique entre les enveloppes et par conséquent les f.e.m. induites le long des enveloppes. Les courants de circulation contribuent à la dissipation thermique totale de la ligne de transport.

Les enveloppes seront normalement mises en court-circuit et à la terre à chaque extrémité du tracé et en d'autres points lorsque cela est nécessaire pour réduire la montée du potentiel de terre en cas de défaut interne.

B.10.2.2 Connexion spéciale des enveloppes

Dans le cas où des courants de circulation provoqueraient un dépassement des limites thermiques, il serait possible d'utiliser une connexion spéciale des enveloppes.

B.10.2.2.1 Enveloppes court-circuitées en un seul point

Lorsque les enveloppes sont court-circuitées et mises à la terre en un seul point, le champ magnétique entre les enveloppes induit une f.e.m. ou une tension en régime permanent le long de celles-ci. Une mise en court-circuit et à la terre des enveloppes en un seul point empêche les courants de circulation mais les courants de Foucault seront généralement induits dans les parois des enveloppes et ceux-ci contribueront à la dissipation thermique totale de la ligne.

La tension en régime permanent est directement proportionnelle au courant dans le conducteur et à la distance qui le sépare de la terre, et elle augmente avec l'espacement des enveloppes.

Un conducteur de continuité de terre séparé sera nécessaire. Il convient que le conducteur de terre soit conçu en fonction du courant de défaut à la terre maximal au point où il se trouve dans le schéma. La position du conducteur de terre peut être transposée sur sa longueur pour équilibrer la f.e.m. induite et éviter un courant de circulation.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

B.10 Bonding and earthing

By analogy with cable circuits, the following systems of bonding and earthing are possible:

B.10.1 Three-phase transmission lines

Where the three phases of a transmission line are contained within a single enclosure, the enclosure may be earthed at both ends of the transmission line route. The enclosure will normally provide adequate earth continuity between the two ends of the route and a separate earth continuity conductor will be unnecessary. The power-frequency current flowing in the enclosure will be minimal with little contribution to the total heat dissipation of the transmission line.

The enclosure may need to be earthed at additional positions along the route to reduce the earth potential rise under internal fault conditions.

B.10.2 Single-phase transmission lines

Where the three phases of a transmission line are contained within separate enclosures, a number of systems of earthing and bonding are possible. More than one system may be used along the length of a circuit.

B.10.2.1 Solid bonding

Where the enclosures are solidly bonded at each end, circulating currents at power-frequency flow reduce the magnetic field between the enclosures and hence the induced e.m.f. along the enclosures to very low values. The circulating currents contribute to the total heat dissipation of the transmission line.

The enclosures will normally be bonded and earthed at each end of the route and at additional positions where necessary to reduce the earth potential rise under internal fault conditions.

B.10.2.2 Special bonding

Where circulating currents would cause thermal limitations to be exceeded, special bonding may be used.

B.10.2.2.1 Single-point bonding

Where the enclosures are bonded and earthed at one point only, the magnetic field between the enclosures induces an e.m.f. or standing voltage along them. The flow of circulating currents is prevented by single-point bonding, but eddy currents will generally be induced in the enclosure walls and these will contribute to the total heat dissipation of the transmission line.

The standing voltage is directly proportional to the conductor current and distance from the earth and increases with the enclosure spacing.

A separate earth continuity conductor will be necessary. The earth continuity conductor should be designed considering the maximum earth fault current at that position in the system. The position of the earth continuity conductor may be transposed along its length to balance the e.m.f. induced along it to avoid a circulating current.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Les enveloppes peuvent être court-circuitées et mises à la terre à une extrémité et isolées de la terre à l'autre extrémité (mise en court-circuit en extrémité) ou être court-circuitées et mises à la terre en leur milieu et isolées de la terre aux deux extrémités (mise en court-circuit au point milieu). La ligne de transport peut consister en un certain nombre de tronçons élémentaires, la mise en court-circuit et à la terre des enveloppes de chaque tronçon étant réalisée en un seul point.

Pour assurer la protection contre les effets des tensions transitoires, les dispositifs de protection (résistances non linéaires) sont raccordées aux extrémités des tronçons élémentaires, là où les enveloppes sont isolées de la terre.

B.10.2.2.2 Permutation

Dans une installation permutée, les enveloppes sont raccordées en série aux extrémités des tronçons en effectuant une rotation de phase, de sorte que les f.e.m. induites le long des enveloppes tendent vers zéro après trois tronçons élémentaires. La tension d'enveloppe est par conséquent maîtrisée et les courants de circulation sont pratiquement éliminés. Toutefois, des courants de Foucault seront généralement induits dans les parois des enveloppes et ceux-ci contribueront à la dissipation thermique totale de la ligne.

Les enveloppes peuvent être mises en court-circuit et à la terre aux extrémités d'une ligne de transport et subir en permanence des permutations sur toute la longueur de la ligne (permutation continue) ou bien mises en court-circuit et à la terre aux extrémités d'un certain nombre de tronçons principaux, chacun d'eux consistant en trois tronçons permutés secondaires (permutation ternaire).

Pour assurer la protection contre les effets des tensions transitoires, des dispositifs de protection (résistances non linéaires) sont raccordés aux extrémités des tronçons élémentaires, là où les enveloppes sont isolées de la terre.

Lorsque la résistance de terre est élevée aux points de mise en court-circuit et à la terre, il peut s'avérer nécessaire d'utiliser un conducteur de continuité de terre séparé pour empêcher le dépassement des caractéristiques des dispositifs de protection en cas de défaut interne.

B.11 Application à des installations directement enterrées

Lorsqu'une installation est directement enterrée, le circuit de mise à la terre doit être conçu de façon à s'adapter aux exigences de protection contre la corrosion conformément au 5.12 (voir figure B.1).

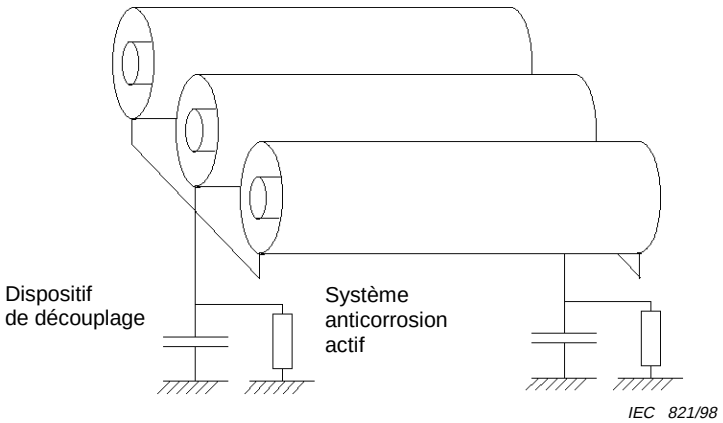

Figure B.1 – Exemple de schéma de mise à la terre avec système actif anticorrosion dans le cas d'une mise en court-circuit et à la terre des enveloppes aux deux extrémités

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

The enclosures may be bonded and earthed at one end and insulated from earth at the other (end point bonding) or bonded and earthed at the mid-point and insulated from earth at the two ends (mid-point bonding). The transmission line may consist of a number of elementary sections, each single-point bonded.

To protect against the effects of transient voltages, protective devices (non-linear resistors) are connected at the ends of elementary sections where the enclosures are insulated from earth.

B.10.2.2.2 Cross-bonding

In a cross-bonded system, the enclosures are connected in series at the end of each elementary section in phase rotation, so that the e.m.f. induced along the enclosures tend to sum to zero after three elementary sections. The enclosure voltage is therefore controlled and circulating currents are virtually eliminated. However, eddy currents will generally be induced in the enclosure walls and these will contribute to the total heat dissipation of the transmission line.

The enclosures may be solidly bonded and earthed at the ends of a transmission line and continuously cross-bonded throughout its length (continuous cross-bonding) or solidly bonded and earthed at the ends of a number of major sections, each consisting of three cross-bonded minor sections (sectionalized cross-bonding).

To protect against the effects of transient voltages, protective devices (non-linear resistors) are connected at the ends of elementary sections where the enclosures are insulated from earth.

Where the earth resistance at solidly bonded positions is high, a separate earth continuity conductor may be necessary in order to prevent the ratings of protective devices being exceeded under internal fault conditions.

B.11 Application to directly buried installations

Where an installation is directly buried, the design of the earthing system shall accommodate the requirements of corrosion protection as stated under 5.12 (see figure B.1).

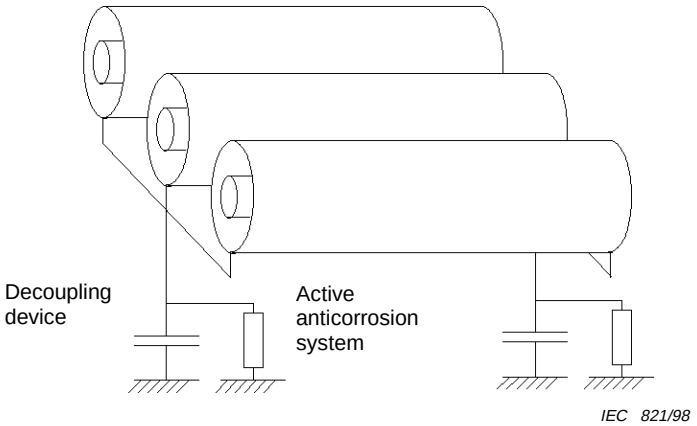

Figure B.1 – Example of earthing system together with active anti-corrosion system in the case of solid bonding of the enclosure at both ends

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Il convient que le circuit de mise à la terre soit conçu en fonction du niveau d'isolation du revêtement anticorrosion.

Afin de pouvoir effectuer des essais électriques du système de protection passive contre la corrosion, il est en principe nécessaire d'utiliser des liaisons mobiles (voir 7.7.1).

Il convient que la conception du circuit de mise à la terre et la protection active contre la corrosion soient coordonnées, afin que le système actif de protection contre la corrosion ne soit pas endommagé par des courants circulant des enveloppes vers la terre.

B.12 Documents de référence

CEI 60479-1:1994, *Effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques – Partie 1: Aspects généraux*

CEI 60479-2:1987, *Effets du courant passant par le corps humain – Deuxième partie: Aspects particuliers – Chapitre 4: Effets du courant alternatif de fréquence supérieure à 100 Hz – Chapitre 5: Effets des courants de formes d'onde spéciales – Chapitre 6: Effets des courants d'impulsion unique de courte durée*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

The design of the earthing system should be coordinated with the insulation level of the corrosion protection coating.

Removable links should be provided to allow electrical testing of the passive corrosion protection as stated under 7.7.1.

The design of the earthing system and the active corrosion protection should be coordinated so that no damage results to the active corrosion system from currents flowing from the enclosures to earth.

B.12 Reference documents

IEC 60479-1:1994, *Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects*

IEC 60479-2:1987, *Effects of current passing through the human body – Part 2: Special aspects – Chapter 4: Effects of alternating current with frequencies above 100 Hz – Chapter 5: Effects of special waveforms of current – Chapter 6: Effects of unidirectional single impulse currents of short duration*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe C
(normative)

Essais de longue durée des installations enterrées

C.1 Evaluation du comportement à long terme

Les points à prendre en compte pour évaluer le comportement à long terme sont les suivants:

– les performances thermomécaniques de l'ensemble;
– la protection contre la corrosion des enveloppes.

C.1.1 Performances thermomécaniques

Si elles n'ont pas été prises en compte, les contraintes thermomécaniques peuvent causer des dommages mécaniques à la LIG, et éventuellement provoquer la rupture de l'enveloppe. Par conséquent, quel que soit le dispositif utilisé pour neutraliser les effets de dilatation et de contraction thermiques, particulièrement au niveau des enveloppes, l'évaluation doit être faite dans les conditions effectives de la pose enterrée. L'installation testée doit être suffisamment longue pour que tout mouvement thermomécanique soit représentatif de ce qui pourrait survenir en service.

NOTE – Performances du matériau de remblai

Il peut s'avérer difficile d'évaluer le sol sur la totalité du tracé à moins d'utiliser un remblai dont les propriétés sont connues. On suppose qu'un sol normal va atteindre la valeur de résistivité thermique correspondant au sol sec pour une température comprise entre 50 °C et 60 °C et le non-assèchement du sol pour une température inférieure à cette valeur. Ces chiffres sont utilisés pour les calculs de caractéristiques détaillés à l'annexe A. Les températures du sol et par conséquent les caractéristiques du système peuvent être calculées en tenant compte des valeurs constatées pour la matière sèche à condition que les valeurs de résistivité thermique soient connues.

C.1.2 Protection des enveloppes contre la corrosion

Il est important que le revêtement de protection de l'enveloppe ne se perce pas en fonctionnement. Les performances du revêtement peuvent être évaluées soit grâce à des essais d'immersion dans l'eau de longue durée soit par des essais d'enfouissement de longue durée dans un sol humide. Pendant ce temps, il convient de faire subir des cycles thermiques à la LIG, qui permettront d'observer l'effet des cycles de température sur la migration de l'eau. La détérioration du revêtement peut être décelée en appliquant régulièrement une tension d'essais et en mesurant la valeur du courant de fuite.

C.2 Liste des essais de longue durée

Les essais de développement doivent être achevés par le fabricant avant la réalisation des essais de longue durée. L'objet de ces essais est d'évaluer les performances à long terme du système LIG complet. Ils n'auront à être effectués qu'une seule fois, à moins que le système LIG ne subisse une modification substantielle affectant les matériaux, le procédé de fabrication ou la conception. L'installation d'essais consiste en principe en 50 m à 100 m de LIG, y compris les équipements auxiliaires (dispositifs de contrôle du gaz, de détection des décharges partielles et de décharge de pression). Il convient qu'un exemplaire au moins de chaque composant utilisé dans le système soit essayé et que le montage d'essais soit représentatif de la conception d'une installation. Les essais de longue durée couvrent en principe une période de douze mois.

La définition de la procédure d'essai est à l'étude. A titre indicatif, la procédure décrite ci-dessous est proposée.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex C
(normative)

Long-term testing of buried installations

C.1 Assessment of long-term behaviour

The points that need to be considered to assess long-term behaviour are:

– the thermomechanical performance of the assembly;

– the corrosion protection of the enclosures.

C.1.1 Thermomechanical performance

Thermomechanical forces, unless properly accounted for, can result in mechanical damage to the GIL and possible rupture of the enclosure. Therefore, whichever device is employed for counteracting the effects of thermal expansion and contraction, especially for the enclosures, it needs to be evaluated under buried condition. The length of the test installation needs to be sufficient to ensure that any thermomechanical movement is representative of what might occur in service.

NOTE – Performance of the backfill material

Evaluation of the soil over the complete GIL installation could prove difficult unless a backfill with known properties is used. It is assumed that normal ground materials will have a dried-out thermal resistivity value at a temperature between 50 °C and 60 °C and a non-dried out value if the temperature is below this. These figures are used in the rating calculations detailed in annex A. Provided that the thermal resistivity values are known, the ground temperatures and hence system rating can be calculated allowing for dried out values where applicable.

C.1.2 Corrosion protection of the enclosures

It is important that the enclosure protective coating is not penetrated during service. The performance of the coating can be evaluated by either long-term water immersion tests or by long-term burial test in a wet soil condition. During this time, the GIL should undergo heat cycles to see the effect of temperature cycles on the migration of water. Deterioration in the coating can be detected by regular application of a test voltage and measurement of the leakage current that flows.

C.2 Summary of long-term tests

Development tests shall be completed by the manufacturer before long-term tests are undertaken. The purpose of these tests is to identify the long-term performance of the complete GIL system and need only be carried out once, unless there is a substantial change in the GIL system concerning material, process and design. The test arrangement should consist of between 50 m and 100 m of GIL including auxiliary equipment (gas monitoring, partial discharge detection and pressure relief devices). At least one type of each component to be used in the system should be tested and the test arrangement should be representative of an installation design. The long-term tests should be undertaken over a twelve-month period.

The definition of the test procedure is under consideration. The following is proposed for guidance.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Il est recommandé de procéder aux essais suivants avant et après les essais de longue durée:

a) mesure de l'échauffement de l'extérieur des enveloppes (conformément au 4.4.2 et à la CEI 60694) et à des distances prédéfinies des enveloppes dans le matériau de remblai;

b) mesure de la résistance du circuit principal;

c) niveaux de décharges partielles internes de la LIG;

d) essai de tenue diélectrique;

e) taux de fuite du gaz;

f) à l'issue des essais, un essai diélectrique jusqu'au claquage peut être effectué.

Les essais longue durée peuvent inclure:

a) un essai de longue durée aux cycles thermiques;

   Soumettre aux contraintes thermomécaniques les jeux de barres et tout dispositif de compensation des dilatations.

b) un essai relatif aux performances des protections contre la corrosion;

   Ces performances sont évaluées dans des conditions de cycles thermiques et concernent la totalité de l'installation d'essais et des équipements auxiliaires.

c) un essai relatif aux performances du remblai;

   Cet essai sera effectué si les performances du remblai ne sont pas connues ou ne peuvent être garanties.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

The following test should be carried out before starting and after the long duration tests:

a) temperature rise measurement (in accordance with 4.4.2 and IEC 60694) of external enclosure walls and at set distances within the backfill material;

b) measurement of the main circuit resistance;

c) partial discharge levels within the GIL;

d) dielectric withstand test;

e) gas leakage rate;

f) on completion of the tests, a voltage test to breakdown may be performed.

Long duration tests may include:

a) long-term thermal cycling;

   Subject the busbars and any expansion device to thermomechanical forces.

b) corrosion protection performance;

   This is to be evaluated under thermal cycling and will include the complete arrangement and all the auxiliary equipment.

c) backfill performance;

   This shall be carried out if the performance of the backfill is not known or cannot be guaranteed.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe D
(normative)

Méthodes d'essai de la LIG en cas d'arc dû à un défaut interne

D.1 Introduction

L'apparition d'un arc à l'intérieur d'une LIG, dû à un défaut interne, est accompagnée de phénomènes physiques variés.

Par exemple, l'énergie résultant du développement d'un arc dans l'enveloppe provoquera une surpression interne et un échauffement local contraignant mécaniquement et thermiquement la LIG.

Cet essai considère la surpression interne agissant sur l'enveloppe et les effets thermiques de l'arc ou de sa racine sur l'enveloppe; en revanche, il ne prend pas en compte tous les effets qui peuvent constituer un risque pour le public, tels que les gaz toxiques.

D.2 Essai d'arc au courant de court-circuit

D2.1 Dispositions d'essai

Pour le choix de l'objet à essayer, il convient de faire référence aux documents de conception de la LIG. Il convient de choisir les compartiments apparaissant comme les moins susceptibles de supporter les montées en pression et en température en cas d'arc.

Dans chaque cas, il convient de respecter les points suivants:

a) Chaque essai peut être réalisé sur un objet d'essai non déjà soumis à des essais d'arc.

   Les objets en essai ayant déjà subi des essais d'arc sont remis en état de telle manière que les conditions pour les essais d'arc ultérieurs ne soient ni aggravées ni facilitées.

b) L'objet en essai est complètement équipé et installé, y compris tout dispositif de protection (tel que les dispositifs de décharge de pression, les dispositifs de court-circuitage, etc.) fournis par le constructeur pour la limitation des effets de l'arc.

   Des «maquettes» sont permises pourvu qu'elles aient le même volume et les mêmes matériaux externes et qu'elles réagissent de la même manière que l'original en ce qui concerne la tenue aux arcs.

c) Il convient que l'objet en essai soit rempli du gaz isolant normal à la masse volumique assignée.

D.2.2 Courant et tension appliqués

Il est recommandé d'essayer les enveloppes unipolaires en monophasé et les enveloppes tripolaires en triphasé.

D.2.2.1 Tension

L'essai peut être réalisé avec une tension appliquée plus faible que la tension assignée de l'objet en essai, si les conditions suivantes sont remplies:

a) le courant de l'arc est pratiquement sinusoïdal,

b) l'arc ne s'éteint pas prématurément.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex D
(normative)

Methods for testing GIL under conditions of arcing due to an internal fault

D.1 Introduction

The occurrence of an arc inside a GIL due to an internal fault is accompanied by various physical phenomena.

For example, the energy resulting from an arc developing in the enclosure will cause internal over pressure and local over heating, which will result in mechanical and thermal stressing of the GIL.

This test takes into account the effects of the internal over pressure and the thermal effects of the arc or its root on the enclosure but it does not cover all the effects which may constitute a risk to public, such as toxic gases.

D.2 Short-circuit arcing test

D.2.1 Test arrangement

When choosing the object to be tested, reference should be made to the design documents for the GIL. The compartments which appear to have the least likelihood of withstanding the pressure and temperature rise in the event of arcing should be selected.

In all cases, the following points should be observed:

a) Each test may be carried out on a test object not previously subjected to arcing tests. Test objects that have already undergone arcing tests should be restored so that the conditions for further arcing tests are neither aggravated nor eased.

b) The test object shall be fully equipped and installed to include any protection device (e.g. pressure release device, short-circuit device) provided by the manufacturer for the limitation of the effects of the arc.

   "Mock-ups" are permitted provided they have the same volume and external material and would react in the same way as the original parts with respect to withstanding arcing.

c) The test object should be filled with normal insulating gas at rated filling pressure.

D.2.2 Current and voltage applied

Single-pole enclosures should be tested single-phase, and three-pole enclosures should be tested three-phase.

D.2.2.1 Voltage

The test can be made with an applied voltage lower than the rated voltage of the test object, if the following conditions are met:

a) the arc current shall be practically sinusoidal;

b) the arc shall not extinguish prematurely.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

D.2.2.2 Courant

a) Composante périodique

Il convient que la composante périodique au début de l'essai ait une tolérance de +10 % et 0 %.

Pendant la durée de protection de premier stade, il est recommandé que la tolérance soit de ±10 % et pendant la durée de protection de second stade, il est recommandé que le courant ne descende pas au-dessous de 80 % de la valeur spécifiée à condition que la composante périodique moyenne ne soit pas inférieure au courant de court-circuit indiqué.

NOTE – Si la station d'essai ne permet pas cela, la durée de l'essai peut être allongée mais pas de plus de 20 %, avec un ajustement approprié des moments où les interprétations sont faites.

b) Composante continue

Il est recommandé de choisir l'instant d'établissement du court-circuit de manière que la première onde de courant de l'arc ait une valeur de crête d'au moins 1,7 fois la valeur efficace de la composante périodique du courant de court-circuit indiqué.

Pour les essais en triphasé, cela s'applique au courant dans au moins une phase.

D.2.2.3 Fréquence

Pour les fréquences assignées 50 Hz ou 60 Hz, il est recommandé que la fréquence au début de l'essai soit comprise entre 48 Hz et 62 Hz.

Pour les fréquences assignées 16 $^{2}/_{3}$ Hz ou 25 Hz, il est permis de faire les essais à 25 Hz avec une tolérance de ±10 %. La fréquence au début de l'essai peut être aussi comprise entre 48 Hz et 62 Hz, si la durée de l'essai est d'au moins 0,1 s.

D.2.2.4 Durée de l'essai

La durée d'application du courant doit être telle qu'elle couvre le temps de protection de second stade sur la base de la durée prévue et déterminée par les dispositifs de protection.

NOTE – Pour information, le temps d'élimination du défaut pour la protection de premier stade est d'environ 0,1 s pour les courants de 40 kA ou plus et de 0,2 s pour les courants plus faibles. Le temps pour la protection de second stade ne dépasse pas normalement 0,3 s pour les courants de 40 kA ou plus et 0,5 s pour les courants plus faibles.

D.2.3 Procédure d'essai

D.2.3.1 Connexions d'essai

Le point de l'alimentation du courant à choisir est celui qui est susceptible de donner la condition la plus difficile.

Il faut veiller à ce que les connexions ne rendent pas les conditions d'essai moins sévères. Généralement, l'enveloppe est mise à la terre du côté arrivée de courant de l'objet en essai.

D.2.3.2 Amorçage de l'arc

Il convient d'amorcer l'arc au moyen d'un fil métallique de diamètre convenable.

Le point d'amorçage à choisir est celui où l'arc est censé produire les contraintes les plus élevées dans l'objet en essai. Généralement, cela est réalisé quand l'arc est amorcé au voisinage du support isolant le plus éloigné du point d'alimentation et du dispositif de décharge de pression, si un tel dispositif est installé.

NOTE – En principe, l'arc n'est pas amorcé par perforation d'isolation solide.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

D.2.2.2 Current

a) AC component

The a.c. component at the beginning of the test should lie within a +10 % and 0 % tolerance.

Within the duration of the first stage protection, the tolerance should be ±10 % and within the duration of the second stage protection the current should not fall below 80 % of the stated value provided that the average a.c. component is not less than the stated test current.

NOTE – If the test plant does not permit this, the test duration may be extended, but by not more than 20 %, with an appropriate adjustment to the times at which assessments are made.

b) DC component

The instant of short-circuit making should be chosen to ensure that the first loop of the arc current has a peak value of at least 1,7 times the r.m.s. value of the stated test current a.c. component.

For three-phase tests, this applies to the current in at least one phase.

D.2.2.3 Frequency

For 50 Hz or 60 Hz rated frequencies, the frequency at the beginning of the test should lie within the limits of 48 Hz and 62 Hz.

For $16\,^{2}/_{3}$ Hz or 25 Hz rated frequencies, it is permissible to make tests with 25 Hz with a tolerance of $\pm$10 %. The frequency at the beginning of the test may also lie within the limits of 48 Hz and 62 Hz, if the test duration is at least 0,1 s.

D.2.2.4 Duration of the test

The current duration shall be such as to cover the second stage protection chosen on the basis of the expected duration as determined by the protection devices.

NOTE – For information, the fault clearing time for the first stage protection is about 0,1 s for currents of 40 kA and above and 0,2 s for lower currents. The time for the second stage protection normally does not exceed 0,3 s for currents of 40 kA and above and 0,5 s for lower currents.

D.2.3 Test procedure

D.2.3.1 Test connections

The point of current infeed to be chosen is the one likely to result in the most onerous condition.

Care should be taken that the connections do not ease the test conditions. Generally, the enclosure is earthed on the same side of the test object into which the current is fed.

D.2.3.2 Arc initiation

The arc should be initiated by means of a metal wire of suitable diameter.

The point of initiation to be chosen is where the arc is likely to set up the highest stresses in the test object. Generally, this will be achieved when the arc is initiated in the vicinity of a barrier furthest from the point of infeed and the pressure relief device, if fitted.

NOTE – The arc should not be initiated by perforating the solid insulation.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

D.2.3.3 Mesurages et enregistrements relatifs au comportement en essai

Les paramètres suivants doivent être relevés et enregistrés:

– le courant d'essai et la durée de l'essai;
– la tension d'arc;
– la pression aux deux extrémités de l'objet en essai.

Les phénomènes suivants doivent être enregistrés en utilisant des moyens appropriés tels que caméras, détecteurs de luminosité:

– instant de décharge pression (soit par le dispositif de décharge de pression, soit par la perforation de l'enveloppe);
– effets extérieurs.

NOTE – Il est recommandé de prolonger l'enregistrement des effets extérieurs pendant les 120 s suivant l'élimination du défaut.

D.2.4 Rapport d'essai

Il convient que les informations suivantes soient consignées dans le rapport d'essai:

– caractéristiques et description de l'objet en essai, des matériaux de l'enveloppe et du conducteur, avec un dessin montrant les dimensions principales et la disposition des dispositifs de décharge de pression éventuels;
– disposition des connexions d'essai, du point d'amorçage de l'arc et position des capteurs pour le mesurage des pressions;
– courants, tensions, énergies, pressions et durées, tirés des oscillogrammes;
– description précise des résultats d'essai et des observations;
– instant de fonctionnement des dispositifs de décharge de pression, le cas échéant;
– apparition de phénomènes externes éventuels;
– autres remarques pertinentes;
– photographies de l'état avant et après essai.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

D.2.3.3 Measurement and recording of the test performance

The following parameters shall be plotted and recorded:

– the test current and the test duration;
– the arc voltage;
– the pressure on both ends of the compartment of the test object.

The following phenomena shall be recorded by appropriate means, e.g. cameras, luminosity detectors:

– instant of pressure relief (either by a pressure relief device or perforation of the enclosure);
– external effects.

NOTE – It is recommended to prolong the recording of external effects for 120 s after the fault is cleared.

D.2.4 Test report

The following information should be given in the test report:

– rating and description of the test object, the material of the enclosure and of the conductors, together with a drawing showing the main dimensions and the arrangement of pressure relief devices, if any;
– arrangement of the test connections, the point of initiation of the arc and the position of the transducers for pressure measurements;
– currents, voltages, energies, pressures and times derived from the oscillograms;
– precise description of the test results and observations;
– instant of pressure relief, if any;
– occurrence of external effects, if any;
– other relevant remarks;
– photographs of the conditions before and after the test.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Standards Survey

We at the IEC want to know how our standards are used once they are published.

The answers to this survey will help us to improve IEC standards and standard related information to meet your future needs

Would you please take a minute to answer the survey on the other side and mail or fax to:

Customer Service Centre (CSC)

International Electrotechnical Commission
3, rue de Varembé
Case postale 131

1211 Geneva 20
Switzerland

or

Fax to: CSC at +41 22 919 03 00

Thank you for your contribution to the standards making process.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Nicht frankieren
Ne pas affranchir

Non affrancare
No stamp required

A Prioritaire

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Customer Service Centre (CSC)
International Electrotechnical Commission
3, rue de Varembé
Case postale 131
1211 GENEVA 20
Switzerland

1.

No. of IEC standard:

.....

2.

Tell us why you have the standard. (check as many as apply). I am:

- ☐ the buyer
- ☐ the user
- ☐ a librarian
- ☐ a researcher
- ☐ an engineer
- ☐ a safety expert
- ☐ involved in testing
- ☐ with a government agency
- ☐ in industry
- ☐ other.....

3.

This standard was purchased from?

.....

4.

This standard will be used (check as many as apply):

- ☐ for reference
- ☐ in a standards library
- ☐ to develop a new product
- ☐ to write specifications
- ☐ to use in a tender
- ☐ for educational purposes
- ☐ for a lawsuit
- ☐ for quality assessment
- ☐ for certification
- ☐ for general information
- ☐ for design purposes
- ☐ for testing
- ☐ other.....

5.

This standard will be used in conjunction with (check as many as apply):

- ☐ IEC
- ☐ ISO
- ☐ corporate
- ☐ other (published by.....)
- ☐ other (published by.....)
- ☐ other (published by.....)

6.

This standard meets my needs (check one)

- ☐ not at all
- ☐ almost
- ☐ fairly well
- ☐ exactly

7.

Please rate the standard in the following areas as (1) bad, (2) below average, (3) average, (4) above average, (5) exceptional, (0) not applicable:

- ☐ clearly written
- ☐ logically arranged
- ☐ information given by tables
- ☐ illustrations
- ☐ technical information

8.

I would like to know how I can legally reproduce this standard for:

- ☐ internal use
- ☐ sales information
- ☐ product demonstration
- ☐ other.....

9.

In what medium of standard does your organization maintain most of its standards (check one):

- ☐ paper
- ☐ microfilm/microfiche
- ☐ mag tapes
- ☐ CD-ROM
- ☐ floppy disk
- ☐ on line

9A.

If your organization currently maintains part or all of its standards collection in electronic media, please indicate the format(s):

- ☐ raster image
- ☐ full text

10.

In what medium does your organization intend to maintain its standards collection in the future (check all that apply):

- ☐ paper
- ☐ microfilm/microfiche
- ☐ mag tape
- ☐ CD-ROM
- ☐ floppy disk
- ☐ on line

10A.

For electronic media which format will be chosen (check one)

- ☐ raster image
- ☐ full text

11.

My organization is in the following sector (e.g. engineering, manufacturing)

.....

12.

Does your organization have a standards library:

- ☐ yes
- ☐ no

13.

If you said yes to 12 then how many volumes:

.....

14.

Which standards organizations published the standards in your library (e.g. ISO, DIN, ANSI, BSI, etc.):

.....

15.

My organization supports the standards-making process (check as many as apply):

- ☐ buying standards
- ☐ using standards
- ☐ membership in standards organization
- ☐ serving on standards development committee
- ☐ other.....

16.

My organization uses (check one)

- ☐ French text only
- ☐ English text only
- ☐ Both English/French text

17.

Other comments:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

18.

Please give us information about you and your company

name: .....

job title:.....

company: .....

address:.....

.....

.....

.....

No. employees at your location:.....

turnover/sales:.....

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Enquête sur les normes

La CEI se préoccupe de savoir comment ses normes sont accueillies et utilisées.

Les réponses que nous procurera cette enquête nous aideront tout à la fois à améliorer nos normes et les informations qui les concernent afin de toujours mieux répondre à votre attente.

Nous aimerions que vous nous consacriez une petite minute pour remplir le questionnaire joint que nous vous invitons à retourner au:

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale
3, rue de Varembé
Case postale 131

1211 Genève 20
Suisse

Télécopie: IEC/CSC +41 22 919 03 00

Nous vous remercions de la contribution que vous voudrez bien apporter ainsi à la Normalisation Internationale

Nicht frankieren
Ne pas affranchir

Non affrancare
No stamp required

A Prioritaire

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Centre du Service Clientèle (CSC)
Commission Electrotechnique Internationale
3, rue de Varembé
Case postale 131
1211 GENÈVE 20
Suisse

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

1.

Numéro de la Norme CEI:

.....

2.

Pourquoi possédez-vous cette norme? (plusieurs réponses possibles). Je suis:

- ☐ l'acheteur
- ☐ l'utilisateur
- ☐ bibliothécaire
- ☐ chercheur
- ☐ ingénieur
- ☐ expert en sécurité
- ☐ chargé d'effectuer des essais
- ☐ fonctionnaire d'Etat
- ☐ dans l'industrie
- ☐ autres .....

3.

Où avez-vous acheté cette norme?

.....

4.

Comment cette norme sera-t-elle utilisée? (plusieurs réponses possibles)

- ☐ comme reférence
- ☐ dans une bibliothèque de normes
- ☐ pour développer un produit nouveau
- ☐ pour rédiger des spécifications
- ☐ pour utilisation dans une soumission
- ☐ à des fins éducatives
- ☐ pour un procès
- ☐ pour une évaluation de la qualité
- ☐ pour la certification
- ☐ à titre d'information générale
- ☐ pour une étude de conception
- ☐ pour effectuer des essais
- ☐ autres .....

5.

Cette norme est-elle appelée à être utilisée conjointement avec d'autres normes? Lesquelles? (plusieurs réponses possibles):

- ☐ CEI
- ☐ ISO
- ☐ internes à votre société
- ☐ autre (publiée par).....)
- ☐ autre (publiée par).....)
- ☐ autre (publiée par).....)

6.

Cette norme répond-elle à vos besoins?

- ☐ pas du tout
- ☐ à peu près
- ☐ assez bien
- ☐ parfaitement

7.

Nous vous demandons maintenant de donner une note à chacun des critères ci-dessous (1, mauvais; 2, en-dessous de la moyenne; 3, moyen; 4, au-dessus de la moyenne; 5, exceptionnel; 0, sans objet)

- ☐ clarté de la rédaction
- ☐ logique de la disposition
- ☐ tableaux informatifs
- ☐ illustrations
- ☐ informations techniques

8.

J'aimerais savoir comment je peux reproduire légalement cette norme pour:

- ☐ usage interne
- ☐ des renseignements commerciaux
- ☐ des démonstrations de produit
- ☐ autres .....

9.

Quel support votre société utilise-t-elle pour garder la plupart de ses normes?

- ☐ papier
- ☐ microfilm/microfiche
- ☐ bandes magnétiques
- ☐ CD-ROM
- ☐ disquettes
- ☐ abonnement à un serveur électronique

9A.

Si votre société conserve en totalité ou en partie sa collection de normes sous forme électronique, indiquer le ou les formats:

- ☐ format tramé (ou image balayée ligne par ligne)
- ☐ texte intégral

10.

Sur quels supports votre société prévoit-elle de conserver sa collection de normes à l'avenir (plusieurs réponses possibles):

- ☐ papier
- ☐ microfilm/microfiche
- ☐ bandes magnétiques
- ☐ CD-ROM
- ☐ disquettes
- ☐ abonnement à un serveur électronique

10A.

Quel format serait retenu pour un moyen électronique? (une seule réponse)

- ☐ format tramé
- ☐ texte intégral

11.

A quel secteur d'activité appartient votre société? (par ex. ingénierie, fabrication)

.....

12.

Votre société possède-t-elle une bibliothèque de normes?

- ☐ Oui
- ☐ Non

13.

En combien de volumes dans le cas affirmatif?

.....

14.

Quelles organisations de normalisation ont publié les normes de cette bibliothèque (ISO, DIN, ANSI, BSI, etc.):

.....

15.

Ma société apporte sa contribution à l'élaboration des normes par les moyens suivants (plusieurs réponses possibles):

- ☐ en achetant des normes
- ☐ en utilisant des normes
- ☐ en qualité de membre d'organisations de normalisation
- ☐ en qualité de membre de comités de normalisation
- ☐ autres .....

16.

Ma société utilise (une seule réponse)

- ☐ des normes en français seulement
- ☐ des normes en anglais seulement
- ☐ des normes bilingues anglais/français

17.

Autres observations

.....

.....

.....

.....

.....

18.

Pourriez-vous nous donner quelques informations sur vous-mêmes et votre société?

nom .....

fonction.....

nom de la société .....

adresse.....

.....

.....

.....

nombre d'employés.....

chiffre d'affaires:.....

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

ISBN 2-8318-4423-1

ICS 29.120.60 ; 29.120.99

Typeset and printed by the IEC Central Office
GENEVA, SWITZERLAND