

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
289**

Deuxième édition
Second edition
1988

Bobines d'inductance

Reactors



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 289: 1988

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 auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*;
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*;
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas*;

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale*.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

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 from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*, which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology*;
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets*;
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams*;

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice*.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
289

Deuxième édition
Second edition
1988

Bobines d'inductance

Reactors

© CEI 1988 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

Bureau central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

X

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	6
PRÉFACE	6
 SECTION UN – GÉNÉRALITÉS	
Articles	
1. Domaine d'application	8
2. Définitions	8
 SECTION DEUX – BOBINES D'INDUCTANCE SHUNT	
3. Généralités	12
4. Définitions	14
5. Grandeurs assignées	16
6. Niveau d'isolement	16
7. Plaques signalétiques	16
8. Essais	18
9. Tolérances	26
 SECTION TROIS – BOBINES D'INDUCTANCE DE LIMITATION DE COURANT ET BOBINES D'INDUCTANCE DE MISE À LA TERRE DU NEUTRE	
10. Généralités	26
11. Définitions	28
12. Grandeurs assignées	30
13. Niveau d'isolement	30
14. Tenue au courant de courte durée assigné	32
15. Echauffement	32
16. Plaques signalétiques	32
17. Essais	34
18. Tolérances	40
 SECTION QUATRE – BOBINES D'INDUCTANCE D'AMORTISSEMENT	
19. Généralités	42
20. Définitions	42
21. Grandeurs assignées	42
22. Niveau d'isolement	44
23. Echauffement	44
24. Plaques signalétiques	44
25. Essais	44
26. Tolérances	46
 SECTION CINQ – BOBINES D'INDUCTANCE D'ACCORD (DE FILTRAGE)	
27. Généralités	46
28. Définitions	48
29. Grandeurs assignées	50
30. Plaques signalétiques	50
31. Essais	52
32. Tolérances	54
 SECTION SIX – TRANSFORMATEURS DE MISE À LA TERRE (BOBINES D'INDUCTANCE TRIPHASÉES DE MISE À LA TERRE)	
33. Introduction	54
34. Généralités	54
35. Définitions	56
36. Grandeurs assignées	56
37. Tenue au courant de neutre assigné	58
38. Echauffement	58
39. Niveau d'isolement	58
40. Plaques signalétiques	60
41. Essais	60
42. Tolérances	62

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7
 SECTION ONE – GENERAL	
Clause	
1. Scope	9
2. Definitions	9
 SECTION TWO – SHUNT REACTORS	
3. General	13
4. Definitions	15
5. Rating	17
6. Insulation level	17
7. Rating plates	17
8. Tests	19
9. Tolerances	27
 SECTION THREE – CURRENT-LIMITING REACTORS AND NEUTRAL-EARTHING REACTORS	
10. General	27
11. Definitions	29
12. Rating	31
13. Insulation level	31
14. Ability to withstand short-time current	33
15. Temperature rise	33
16. Rating plates	33
17. Tests	35
18. Tolerances	41
 SECTION FOUR – DAMPING REACTORS	
19. General	43
20. Definitions	43
21. Rating	43
22. Insulation level	45
23. Temperature rise	45
24. Rating plates	45
25. Tests	45
26. Tolerances	47
 SECTION FIVE – TUNING (FILTER) REACTORS	
27. General	47
28. Definitions	49
29. Rating	51
30. Rating plates	51
31. Tests	53
32. Tolerances	55
 SECTION SIX – EARTHING TRANSFORMERS (NEUTRAL COUPLERS)	
33. Introduction	55
34. General	55
35. Definitions	57
36. Rating	57
37. Ability to withstand the rated neutral current	59
38. Temperature rise	59
39. Insulation level	59
40. Rating plates	61
41. Tests	61
42. Tolerances	63

SECTION SEPT – BOBINES D'INDUCTANCE D'EXTINCTION D'ARC

43. Généralités	64
44. Définitions	64
45. Grandeurs assignées	64
46. Plage de réglage	66
47. Echauffement des enroulements	66
48. Niveau d'isolement	66
49. Plaques signalétiques	66
50. Essais	68
51. Tolérances	70

SECTION HUIT – BOBINES D'INDUCTANCE DE LISSAGE

52. Généralités	72
53. Définitions	72
54. Grandeurs assignées	74
55. Niveau d'isolement	74
56. Echauffement	74
57. Plaques signalétiques	74
58. Essais	76
59. Tolérances	82
FIGURES	84

SECTION SEVEN – ARC-SUPPRESSION REACTORS

43. General	65
44. Definitions	65
45. Rating	65
46. Adjustment range	67
47. Winding temperature rise	67
48. Insulation level	67
49. Rating plates	67
50. Tests	69
51. Tolerances	71

SECTION EIGHT – SMOOTHING REACTORS

52. General	73
53. Definitions	73
54. Rating	75
55. Insulation level	75
56. Temperature rise	75
57. Rating plates	75
58. Tests	77
59. Tolerances	83
FIGURES	85

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

BOBINES D'INDUCTANCE

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 4) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand il est déclaré qu'un matériel est conforme à l'une de ses recommandations.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Sous-Comité 14C: Bobines d'inductance, du Comité d'Etudes n° 14 de la CEI: Transformateurs de puissance.

Cette deuxième édition remplace la première édition de la Publication 289 de la CEI, parue en 1968.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapports de vote
14C(BC)7 14C(BC)8	14C(BC)9 14C(BC)9

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

Les publications suivantes sont citées dans la présente norme:

- Publications n°s
- 60-2 (1973): Technique des essais à haute tension: Deuxième partie: Modalités d'essai.
 - 70 (1967): Condensateurs de puissance.
 - 76-1 (1976): Transformateurs de puissance: Première partie: Généralités.
 - 76-2 (1976): Deuxième partie: Echauffement.
 - 76-3 (1980): Troisième partie: Niveaux d'isolement et essais diélectriques.
 - 76-5 (1976): Cinquième partie: Tenue au court-circuit.
 - 146 (1973): Convertisseurs à semi-conducteurs.
 - 551 (1976): Mesures des niveaux de bruit des transformateurs et des bobines d'inductance.
 - 722 (1982): Guide pour les essais au choc de foudre et au choc de manœuvre des transformateurs de puissance et des bobines d'inductance.
 - 726 (1982): Transformateurs de puissance de type sec.

Autre publication citée:

- Norme ISO 3 (1973): Nombres normaux — Série de nombres normaux.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

REACTORS

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.
- 4) The IEC has not laid down any procedure concerning marking as an indication of approval and has no responsibility when an item of equipment is declared to comply with one of its recommendations.

PREFACE

This standard has been prepared by Sub-Committee 14C: Reactors, of IEC Technical Committee No. 14: Power Transformers.

This second edition replaces the first edition of IEC Publication 289, issued in 1968.

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

Six Months' Rule	Reports on Voting
14C(CO)7 14C(CO)8	14C(CO)9 14C(CO)9

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

The following publications are quoted in this standard:

- Publication Nos. 60-2 (1973): High-voltage test techniques: Part 2: Test procedures.
70 (1967): Power capacitors.
76-1 (1976): Power transformers: Part 1: General.
76-2 (1976): Power transformers: Part 2: Temperature rise.
76-3 (1980): Power transformers: Part 3: Insulation levels and dielectric tests.
76-5 (1976): Part 5: Ability to withstand short circuit.
146 (1973): Semiconductor convertors.
551 (1976): Measurement of transformer and reactor sound levels.
722 (1982): Guide to the lightning impulse and switching impulse testing of power transformers and reactors.
726 (1982): Dry-type power transformers.

Other publication quoted:

- ISO Standard 3 (1973): Preferred numbers—Series of preferred numbers.

BOBINES D'INDUCTANCE

SECTION UN — GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

La présente norme s'applique aux types suivants de bobines d'inductance:

- bobines d'inductance shunt,
- bobines d'inductance de limitation de courant y compris les bobines d'inductance de mise à la terre du neutre,
- bobines d'inductance d'amortissement,
- bobines d'inductance d'accord (de filtrage),
- transformateurs de mise à la terre (bobines d'inductance triphasées de mise à la terre),
- bobines d'inductance d'extinction d'arc,
- bobines d'inductance de lissage,

à l'exception des bobines d'inductance suivantes:

- bobines d'inductance de puissance généralement inférieure à 2 kvar en monophasé et à 10 kvar en triphasé,
- bobines d'inductance de type spécial, telles que bobines d'inductance pour circuits bouchons à haute fréquence ou bobines d'inductance pour matériel roulant.

Lorsque des normes de la CEI n'existent pas pour les bobines d'inductance mentionnées ci-dessus ni pour d'autres bobines d'inductance de type spécial, la présente norme peut s'appliquer en partie ou en totalité.

Lorsqu'on se réfère à des articles et paragraphes spécifiques des diverses parties de la Publication 76 de la CEI: Transformateurs de puissance, les éditions à considérer sont les suivantes:

- | | |
|--------------|---|
| 76-1 (1976) | Première partie: Généralités. |
| 76-2 (1976) | Deuxième partie: Echauffement. |
| 76-3 (1980) | Troisième partie: Niveaux d'isolement et essais diélectriques.
Modification n° 1 (1981). |
| 76-4 (1976) | Quatrième partie: Prises et connexions. |
| 76-5* (1976) | Cinquième partie: Tenue au court-circuit. |

2. Définitions

Les définitions données dans cet article concernent les catégories de bobines d'inductance qui font l'objet des sections deux à huit de la présente norme.

Dans ces sections sont données les définitions complémentaires des termes spécifiques à la catégorie particulière ou qui revêtent une signification particulière quand ils se rapportent à cette catégorie.

* La deuxième impression (1982) incorpore la Modification n° 1 (1979).

REACTORS

SECTION ONE — GENERAL

1. Scope

This standard applies to the following types of reactors:

- shunt reactors,
- current-limiting reactors including neutral-earthing reactors,
- damping reactors,
- tuning (filter) reactors,
- earthing transformers (neutral couplers),
- arc-suppression reactors,
- smoothing reactors,

with the exception of the following reactors:

- small reactors with a rating generally less than 2 kvar single-phase and 10 kvar three-phase,
- reactors for special purposes such as high-frequency line traps or reactors mounted on rolling stock.

Where IEC standards do not exist for such small or special reactors, this standard may be applicable in whole or in part.

Where reference is made to specific clauses and sub-clauses of the various parts of IEC Publication 76: Power transformers, it is to be understood that the editions are as follows:

- | | |
|--------------|--|
| 76-1 (1976) | Part 1: General. |
| 76-2 (1976) | Part 2: Temperature rise. |
| 76-3 (1980) | Part 3: Insulation levels and dielectric tests.
Amendment No. 1 (1981). |
| 76-4 (1976) | Part 4: Tappings and connections. |
| 76-5* (1976) | Part 5: Ability to withstand short-circuit. |

2. Definitions

The definitions given in this clause concern the categories of reactors which form the subject of Sections Two to Eight of this standard.

Additional definitions are given in those sections of terms which are specific to the particular category or which are given a particular meaning when related to that category.

* The second impression (1982) incorporates Amendment No. 1 (1979).

A défaut de telles définitions dans cette norme, les termes utilisés ont la signification indiquée dans la Publication 76 de la CEI.

Les autres termes, de nature plus générale, sont définis dans le Vocabulaire Electrotechnique International (VEI).

De fréquentes références sont également faites aux articles techniques de la Publication 76 de la CEI et à d'autres publications concernant les transformateurs et les essais de transformateurs. La terminologie de ces publications a été conservée, même si celle-ci n'est pas strictement applicable aux bobines d'inductance.

Les articles concernant les essais doivent être suivis, s'ils sont applicables, pour les amplitudes, les durées, les séquences d'essais, les mesures et l'évaluation des résultats, même si les branchements d'essai spécifiés ne sont pas réalisables. Par exemple, l'essai par «tension induite» est un essai dans lequel, pour les bobines d'inductance, la tension d'essai appliquée aux bornes de l'enroulement n'est pas «induite» par un autre enroulement, mais est toujours appliquée directement par source extérieure.

2.1 *Types de bobines d'inductance*

2.1.1 *Bobine d'inductance shunt*

Bobine d'inductance destinée à être connectée en dérivation dans un réseau pour compenser le courant capacitif.

2.1.2 *Bobine d'inductance de limitation de courant*

Bobine d'inductance destinée à être connectée en série dans un réseau pour limiter le courant en cas de défaut dans le réseau.

2.1.3 *Bobine d'inductance de mise à la terre du neutre*

Bobine d'inductance monophasée destinée à être connectée entre le neutre d'un réseau et la terre afin de limiter à une valeur modérée le courant phase-terre en cas de défaut à la terre du réseau.

2.1.4 *Bobine d'inductance d'amortissement*

Bobine d'inductance destinée à être connectée en série avec des condensateurs pour limiter le courant d'enclenchement.

2.1.5 *Bobine d'inductance d'accord (de filtrage)*

Bobine d'inductance destinée à être connectée en série ou en parallèle avec des condensateurs afin de réduire, bloquer ou filtrer les harmoniques ou les fréquences de télécommunication.

2.1.6 *Transformateur de mise à la terre (bobine d'inductance triphasée de mise à la terre)*

Transformateur ou bobine d'inductance triphasé destiné à être connecté en dérivation dans un réseau pour former un point neutre.

Note. — Les transformateurs de mise à la terre peuvent, en outre, alimenter un réseau auxiliaire local.

2.1.7 *Bobine d'inductance d'extinction d'arc*

Bobine d'inductance monophasée destinée à être connectée entre le neutre d'un réseau et la terre pour compenser essentiellement le courant capacitif ligne-terre dû à un défaut monophasé à la terre (réseau compensé).

2.1.8 *Bobine d'inductance de lissage*

Bobine d'inductance destinée à limiter la circulation des courants harmoniques et les surintensités transitoires dans des réseaux à courant continu.

Unless such definitions are given in this standard, the terms used have the meaning given in IEC Publication 76.

Additional terms of more general nature are defined in the International Electrotechnical Vocabulary (IEV).

There are also frequent references to technical clauses in IEC Publication 76 and other related publications concerning transformers and transformer testing. The terminology of those publications has been maintained although it may not be strictly relevant in the context of reactors.

Test clauses should be followed as applicable concerning amplitudes, durations, test sequences, measurements and evaluation, even though specified test connections may not be applicable. For example “induced overvoltage test” is a test on a reactor where there is a test voltage across the winding although it is not “induced” from another winding, but always applied directly from the test source.

2.1 *Types of reactor*

2.1.1 *Shunt reactor*

Reactor intended for parallel connection in a system to compensate for capacitive current.

2.1.2 *Current-limiting reactor*

Reactor intended for series connection in a system for limiting the current under system fault conditions.

2.1.3 *Neutral-earthing current-limiting reactor*

Single-phase reactor intended for connection between the neutral of a system and earth for limiting the line-to-earth current under system earth fault conditions to a moderate value.

2.1.4 *Damping reactor*

Reactor intended for series connection with capacitors for limiting the inrush current during switching.

2.1.5 *Tuning (filter) reactor*

Reactor intended for series or parallel connection with capacitors for reducing, blocking or filtering harmonics or communication frequencies.

2.1.6 *Earthing transformer (neutral coupler)*

Three-phase transformer or reactor intended for parallel connection in a system to provide a neutral.

Note. — Earthing transformers may in addition supply a local auxiliary network.

2.1.7 *Arc-suppression reactor*

Single-phase reactor intended for connection between the neutral of a system and earth for essentially compensating the capacitive line-to-earth current due to a single-phase earth-fault (resonant-earthed system).

2.1.8 *Smoothing reactor*

Reactor intended to reduce the flow of harmonic currents and transient overcurrents in d.c. systems.

2.2 *Caractéristique magnétique*

Relation entre la valeur de crête du flux embrassé par l'enroulement de la bobine d'inductance et la valeur de crête du courant.

2.3 *Conditions de service*

Les conditions normales de service pour les bobines d'inductance ainsi que les prescriptions pour les conditions particulières de service sont les mêmes que celles qui sont spécifiées pour les transformateurs de puissance (Publication 76-1 de la CEI, article 2), selon les applications.

SECTION DEUX — BOBINES D'INDUCTANCE SHUNT

3. Généralités

3.1 *Domaine d'application*

Bobines d'inductance destinées à être connectées en dérivation dans un réseau pour compenser le courant capacitif.

Note. — La puissance réactive absorbée sous la tension assignée peut avoir une valeur constante ou peut être ajustée en utilisant des dispositifs additionnels:

- a) la variation peut être réalisée, par exemple, par des thyristors commandés par la phase (compensateur statique) ou par magnétisation du noyau magnétique par courant continu,
- b) la variation peut être réalisée par sélection de prises prévues dans l'enroulement au moyen d'un changeur de prises hors tension ou en charge.

3.2 *Conception*

Du point de vue conception et construction, la bobine d'inductance peut être:

- monophasée ou triphasée,
- de type sec ou immergée dans l'huile,
- sans circuit magnétique ou avec circuit magnétique à entrefers,
- avec ou sans blindage magnétique,
- pour installation à l'intérieur ou à l'extérieur,
- à réactance constante ou variable,
- dotée éventuellement d'un bobinage de charge additionnel.

3.3 *Caractéristique magnétique*

La connaissance de la caractéristique magnétique entière, comme il est indiqué dans les figures 1b et 1c, peut être nécessaire pour:

- établir la plage de fonctionnement normal,
- permettre l'étude des conditions de surtension,
- simulation dans l'étude des réseaux.

Les renseignements concernant la caractéristique magnétique doivent pouvoir être fournis sur demande.

Du point de vue de sa caractéristique magnétique entière, une bobine d'inductance peut être soit:

- linéaire (figure 1a),

2.2 *Magnetic characteristic*

The relationship of peak flux linkage of the reactor winding versus peak current.

2.3 *Service conditions*

Normal service conditions for reactors and the requirements for unusual service conditions are the same as specified for power transformers (IEC Publication 76-1, Clause 2), as applicable.

SECTION TWO — SHUNT REACTORS

3. General

3.1 *Scope*

Reactors intended for parallel connection in a system to compensate for capacitive current.

Note. — The absorbed reactive power at rated voltage can be firm or may be varied by use of additional devices:

- a) variation can be achieved, for example, by phase-controlled thyristors (static var source) or by d.c. magnetization of the iron core,
- b) variation can be achieved by winding tapplings, by means of an off-load or on-load tap-changer.

3.2 *Design*

With regard to design and installation the reactor is identified as:

- single-phase or three-phase,
- dry-type or oil-immersed,
- with air core or with gapped iron core,
- with or without magnetic shield,
- for indoor or outdoor installation,
- for fixed or variable reactance,
- having additional loading winding.

3.3 *Magnetic characteristic*

Knowledge of the entire magnetic characteristic as shown in Figures 1b and 1c may be necessary:

- to set a normal operation range,
- for study of overvoltage conditions,
- for simulation in system studies.

Information on the magnetic characteristic should be supplied on request.

With regard to its entire magnetic characteristic the reactor is identified as:

- linear (Figure 1a),

- non linéaire (figure 1b),
- saturée (figure 1c).

Les bobines d'inductance possédant une caractéristique non linéaire ont leur plage de fonctionnement normal dans la partie linéaire de la caractéristique magnétique, comme le montre la figure 2. Le coude de saturation et la pente dans la partie saturée peuvent faire l'objet d'un accord entre acheteur et constructeur. Ces valeurs pourront être déterminées soit par des mesures, soit par le calcul.

4. Définitions

4.1 Tension assignée U_N

Tension à la fréquence assignée qui sera appliquée entre les bornes de ligne des enroulements d'une bobine d'inductance triphasée, ou entre les bornes de l'enroulement d'une bobine d'inductance monophasée.

La tension assignée U_N est une caractéristique de base pour la conception, pour les garanties données par le constructeur et pour les essais.

Note. — Pour les bobines d'inductance monophasées destinées à constituer un banc triphasé, la tension assignée d'une seule unité prévue pour être connectée en étoile est indiquée par une fraction dont le numérateur est la tension entre phases et le dénominateur $\sqrt{3}$, par exemple:

$$U_N = \frac{525}{\sqrt{3}} \text{ kV}$$

4.2 Tension maximale de service $U_{\max}$

Tension maximale à la fréquence assignée sous laquelle la bobine d'inductance doit être capable de fonctionner en permanence sans dépassement des échauffements spécifiés.

Notes 1. — La tension assignée peut être spécifiée égale à la tension maximale de service.

2. — La tension maximale de service et la tension assignée doivent être spécifiées par l'acheteur.

4.3 Puissance assignée Q_N

Puissance réactive spécifiée pour le fonctionnement sous tension et fréquence assignées.

4.4 Courant assigné I_N

Courant de ligne de la bobine d'inductance déduit de la puissance assignée et de la tension assignée.

Note. — Pour les bobines d'inductance monophasées destinées à constituer un banc triphasé, le courant assigné d'une unité prévue pour un couplage en triangle s'exprime par une fraction dont le numérateur est le courant de ligne correspondant et le dénominateur $\sqrt{3}$, par exemple:

$$I_N = \frac{500}{\sqrt{3}} \text{ A}$$

4.5 Réactance assignée X_N

Réactance spécifiée sous la tension assignée (exprimée en ohms par phase, à la fréquence assignée).

4.6 Réactance homopolaire X_0 (d'une bobine d'inductance triphasée)

Réactance par phase à la fréquence assignée, égale à trois fois la valeur mesurée entre les bornes de ligne, connectées ensemble, d'une bobine d'inductance couplée en étoile et la borne de neutre.

- non-linear (Figure 1b),
- saturated (Figure 1c).

The reactors with non-linear magnetic characteristic have their normal operation range in the linear part of the magnetic characteristic shown in Figure 2. The knee point and the slope in the saturated part may be subject to agreement between purchaser and manufacturer. They may be determined by measurement or by calculation.

4. Definitions

4.1 Rated voltage U_N

The voltage at rated frequency assigned to be applied between the line terminals of a winding of a three-phase reactor, or between the terminals of a winding of a single-phase reactor.

The rated voltage U_N provides a basis for the design, the manufacturer's guarantees and the tests.

Note. — For single-phase reactors intended to be associated in a three-phase bank, the rated voltage of a single unit intended for star connection is indicated by a fraction, in which the numerator is the line-to-line voltage and the denominator is $\sqrt{3}$, for example:

$$U_N = \frac{525}{\sqrt{3}} \text{ kV}$$

4.2 Maximum operating voltage $U_{\max}$

The highest voltage at rated frequency at which the reactor shall be capable of operating continuously without exceeding the specified temperature rises.

Notes 1. — The rated voltage may be specified equal to the maximum operating voltage.

2. — Maximum operating voltage and rated voltage have to be specified by the purchaser.

4.3 Rated power Q_N

The reactive power specified for operation at rated voltage and frequency.

4.4 Rated current I_N

The line current of the reactor derived from rated power and rated voltage.

Note. — For single-phase reactors intended to be associated in a three-phase bank, the rated current of a single unit intended for delta connection is indicated by a fraction in which the numerator is the corresponding line current and the denominator is $\sqrt{3}$, for example:

$$I_N = \frac{500}{\sqrt{3}} \text{ A}$$

4.5 Rated reactance X_N

The reactance (in ohms per phase at rated frequency) specified at rated voltage.

4.6 Zero-sequence reactance X_0 (of a three-phase reactor)

The reactance per phase at rated frequency, equal to three times the value measured between the line terminals of a three-phase star winding, connected together, and its neutral terminal.

4.7 Réactance mutuelle X_M (d'une bobine d'inductance triphasée)

Rapport entre la tension induite dans une phase ouverte et le courant dans la phase alimentée (en ohms par phase à la fréquence assignée), voir figure 3.

Il est commode d'exprimer la réactance mutuelle en prenant comme unité la réactance assignée.

Note. — En vertu de considérations relatives au réseau, il est à noter que les réactances mutuelles sont généralement négligeables pour:

- a) un banc comportant trois bobines d'inductance monophasées séparées, immergées dans l'huile,
- b) un banc de trois bobines d'inductance monophasées sans noyau magnétique (de type sec), placées côte à côte,
- c) une bobine d'inductance triphasée présentant au flux homopolaire un chemin magnétique continu.

5. Grandeurs assignées

Les grandeurs assignées d'une bobine d'inductance de type shunt se rapportent à un service continu, sauf spécification contraire.

Pour les bobines d'inductance utilisées dans une source statique d'énergie réactive avec commande de courant par la phase, les valeurs garanties se rapportent au courant sinusoïdal de pleine charge, sauf spécification contraire.

6. Niveau d'isolement

Voir la Publication 76-3 de la CEI pour la spécification du niveau d'isolement.

7. Plaques signalétiques

Chaque bobine d'inductance doit être munie d'une plaque signalétique en matériau résistant aux intempéries, fixée à un endroit visible et portant les indications appropriées, énumérées ci-après. Les inscriptions doivent être marquées de façon indélébile (par exemple par gravure chimique, gravure ou estampage).

7.1 Renseignements à fournir dans tous les cas

- Type de bobine d'inductance.
- Installation extérieure/intérieure.
- Numéro de la présente norme.
- Nom du constructeur.
- Numéro dans la série du constructeur.
- Année de fabrication.
- Nombre de phases.
- Puissance assignée.
- Fréquence assignée.
- Tension assignée.
- Courant assigné.
- Tension maximale de service.
- Niveau(x) d'isolement.
- Couplage des enroulements.
- Réactance sous tension assignée (valeur mesurée).
- Type de refroidissement.
- Masse totale.
- Masse d'huile isolante.

4.7 Mutual reactance X_M (of a three-phase reactor)

The ratio between induced voltage in an open phase and the current in an excited phase (in ohms per phase at rated frequency) (see Figure 3).

Mutual reactance is suitably expressed per unit of the rated reactance.

Note. — For network considerations it should be noted, that the mutual reactance will generally be negligible for:

- a) a bank of three separate single-phase oil-immersed reactors,
- b) a bank of three single-phase air-core (dry-type) reactors in side-by-side arrangement,
- c) a three-phase reactor having continuous magnetic iron-path for zero-sequence flux.

5. Rating

The rating of a shunt reactor refers to continuous duty, unless otherwise specified.

For reactors used in a static var source scheme with phase-controlled current the guaranteed values are referred to the full load current with sinusoidal waveform unless otherwise specified.

6. Insulation level

For specification of the insulation level, see IEC Publication 76-3.

7. Rating plates

Each reactor shall be provided with a rating plate of weatherproof material, fitted in a visible position, showing the appropriate items indicated below. The entries on the plate shall be indelibly marked (e.g. by etching, engraving or stamping).

7.1 Information to be given in all cases

Type of reactor.
Outdoor/indoor application.
Number of this standard.
Manufacturer's name.
Manufacturer's serial number.
Year of manufacture.
Number of phases.
Rated power.
Rated frequency.
Rated voltage.
Rated current.
Maximum operating voltage.
Insulation level(s).
Winding connection.
Reactance at rated voltage (measured value).
Type of cooling.
Total mass.
Mass of insulating oil.

7.2 Renseignements complémentaires à fournir dans certains cas

Classe thermique de l'isolation (pour bobines d'inductance du type sec seulement).
 Echauffement (si différent d'une valeur normale).
 Masse de transport (pour bobines d'inductance d'une masse totale supérieure à 5 t).
 Masse de décuage (pour bobines d'inductance d'une masse totale supérieure à 5 t).
 Nature du liquide isolant, si ce n'est pas de l'huile minérale.
 Détails concernant les prises, s'il y en a.
 Réactance homopolaire.
 Réactance mutuelle.

8. Essais

8.1 Conditions générales pour les essais individuels, les essais de type et les essais spéciaux

Voir le paragraphe 8.1 de la Publication 76-1 de la CEI.

8.2 Essais individuels

- a) Mesure de la résistance de l'enroulement (paragraphe 8.5).
- b) Mesure de la réactance (paragraphe 8.6).
- c) Mesure des pertes (paragraphe 8.7).
- d) Essais diélectriques (paragraphe 8.11).
- e) Mesure du rapport de transformation et de l'impédance de court-circuit pour les bobines d'inductance possédant un enroulement additionnel de charge.

8.3 Essais de type

- a) Essai d'échauffement (paragraphe 8.15).
- b) Essais diélectriques (paragraphe 8.11).

8.4 Essais spéciaux

- a) Mesure de la réactance homopolaire des bobines d'inductance triphasées linéaires et non linéaires (paragraphe 8.9).
- b) Mesure de la réactance mutuelle des bobines d'inductance triphasées (paragraphe 8.10).
- c) Mesure du niveau de bruit (paragraphe 8.13).
- d) Mesure des vibrations (paragraphe 8.14).
- e) Mesure des harmoniques de courant (paragraphe 8.8).
- f) Mesure de la puissance consommée par les ventilateurs et pompes, s'il y en a.
- g) Mesure de la caractéristique magnétique (paragraphe 8.12).

8.5 Mesure de la résistance de l'enroulement

Voir le paragraphe 8.2 de la Publication 76-1 de la CEI.

8.6 Détermination de la réactance

- a) La réactance est déterminée comme le rapport de la tension assignée au courant mesuré (valeur efficace) à la tension assignée, en supposant que la composante résistive de l'impédance est négligeable.
- b) La réactance doit être déterminée à la fréquence assignée en appliquant une alimentation pratiquement sinusoïdale (voir Publication 60-2 de la CEI, paragraphe 7.1).

7.2 *Additional information to be given in certain cases*

Thermal class of insulation (for dry-type reactors only).
Temperature rise (if not a normal value).
Transportation mass (for reactors exceeding 5 t total mass).
Untanking mass (for reactors exceeding 5 t total mass).
Type of insulating liquid, if not mineral oil.
Details regarding tapplings, if any.
Zero-sequence reactance.
Mutual reactance.

8. Tests

8.1 *General requirements for routine, type and special tests*

See Sub-clause 8.1 of IEC Publication 76-1.

8.2 *Routine tests*

- a) Measurement of winding resistance (Sub-clause 8.5).
- b) Measurement of reactance (Sub-clause 8.6).
- c) Measurement of loss (Sub-clause 8.7).
- d) Dielectric tests (Sub-clause 8.11).
- e) Measurements of voltage ratio and short-circuit impedance on shunt reactors with additional loading winding.

8.3 *Type tests*

- a) Temperature-rise test (Sub-clause 8.15),
- b) Dielectric tests (Sub-clause 8.11).

8.4 *Special tests*

- a) Measurement of zero-sequence reactance on three-phase linear and non-linear reactors (Sub-clause 8.9).
- b) Measurement of mutual reactance on three-phase reactors (Sub-clause 8.10).
- c) Measurement of acoustic sound level (Sub-clause 8.13).
- d) Measurement of vibration (Sub-clause 8.14).
- e) Measurement of harmonics of the current (Sub-clause 8.8).
- f) Measurement of power taken by fans and oil pumps, if any.
- g) Measurement of magnetic characteristic (Sub-clause 8.12).

8.5 *Measurement of winding resistance*

See Sub-clause 8.2 of IEC Publication 76-1.

8.6 *Determination of reactance*

- a) The reactance is determined as the ratio of the rated voltage to the measured current (r.m.s. value) at rated voltage assuming that the resistive component of impedance is negligible.
- b) The reactance shall be determined at rated frequency by applying an approximately sinusoidal supply (see IEC Publication 60-2, Sub-clause 7.1).

- c) Pour les bobines d'inductance ne possédant ni noyau à entrefers ni blindage magnétique, les mesures peuvent être effectuées à n'importe quelle tension comprise entre 10% et 100% de la tension assignée.
- d) Pour les bobines d'inductance munies d'un noyau à entrefers ou de blindages magnétiques, les mesures doivent être effectuées à la tension assignée. Dans des cas exceptionnels, par exemple pour de très grandes puissances et une tension de réseau élevée, il peut être difficile de maintenir ces conditions d'essai. Pour des bobines d'inductance linéaires et non linéaires, une extrapolation d'environ 10% est permise, c'est-à-dire que la tension d'essai doit, dans tous les cas, dépasser $0,9 U_N$.
- e) La réactance d'une bobine d'inductance triphasée doit être mesurée avec un système de tensions triphasées équilibrées appliquées aux bornes de la bobine d'inductance.
La réactance doit être prise comme le rapport:

$$\frac{\text{tension appliquée entre phases}}{\text{courant de ligne moyen mesuré} \times \sqrt{3}}$$

Pour les bobines d'inductance triphasées avec chemin magnétique pour le flux homopolaire, la mesure de la réactance peut être aussi effectuée avec une alimentation monophasée.

Note. — Quand l'installation d'essai ne permet pas d'effectuer l'essai de manière satisfaisante, celui-ci peut être effectué sur le site sous réserve d'un accord entre acheteur et constructeur.

8.7 Mesure des pertes

La mesure des pertes doit être effectuée sous tension et fréquence assignées avec un voltmètre sensible à la valeur moyenne de la tension, mais gradué pour indiquer la valeur efficace d'une sinusoïde ayant la même valeur moyenne.

Dans des cas exceptionnels, par exemple pour des bobines de très grande puissance et pour des tensions élevées, des difficultés peuvent se présenter pour respecter ces conditions d'essai. Dans de tels cas, les pertes sous tension assignée doivent être obtenues en multipliant les pertes mesurées par le carré du rapport du courant assigné au courant mesuré sous tension réduite.

La méthode de détermination des pertes doit faire l'objet d'un accord entre acheteur et constructeur. On fournira une documentation satisfaisante sur la précision et la fiabilité de la méthode proposée.

Comme le facteur de puissance d'une bobine d'inductance shunt est normalement très faible, la mesure des pertes à l'aide des méthodes wattmétriques conventionnelles est susceptible de comporter des erreurs importantes.

Il serait avantageux d'utiliser une méthode de pont. Dans des cas spéciaux, on peut utiliser une méthode calorimétrique.

Les pertes dans les diverses parties de la bobine d'inductance (pertes I^2R , pertes fer, pertes supplémentaires) ne peuvent pas être séparées par des mesures; il est donc recommandé, afin d'éviter les corrections à la température de référence, d'effectuer les mesures lorsque la température moyenne des enroulements est pratiquement égale à la température de référence.

Si cela est irréalisable, les pertes fer comme les pertes supplémentaires doivent être considérées comme indépendantes de la température.

Dans le cas de plusieurs appareils à essayer, celui qui sera choisi pour la mesure des pertes à une température voisine de celle de référence doit également faire l'objet d'une mesure des pertes à la température ambiante. Cela permettra d'établir un coefficient de température pour les pertes totales (en supposant une variation linéaire). Pour les autres appareils, la mesure des pertes s'effectuera

- c) For reactors which have neither gapped iron core nor magnetic shield, the measurements may be made at any voltage between 10% and 100% of rated voltage.
- d) For reactors having gapped iron core or magnetic shield, the measurements shall be made at rated voltage. In exceptional cases, e.g. extremely large rated power and high system voltage, it may be difficult to maintain these test conditions. For linear and non-linear reactors, extrapolation of approximately 10% is allowed, i.e. the test voltage shall in all cases exceed $0.9 U_N$.
- e) The reactance of three-phase reactors shall be measured with symmetrical three-phase voltages applied to the reactor terminals.
The reactance shall be taken as:

$$\frac{\text{line-to-line applied voltage}}{\text{average measured line current} \times \sqrt{3}}$$

For three-phase reactors with magnetic iron-path for zero-sequence flux, the reactance measurement may also be performed with single-phase excitation.

Note. — When the testing installation does not allow a satisfactory test, it may be made on site, subject to agreement between purchaser and manufacturer.

8.7 Measurement of loss

The loss shall be measured at rated voltage and rated frequency. The voltage shall be measured with a voltmeter responsive to the mean value of voltage but scaled to read the r.m.s. value of a sinusoidal wave having the same mean value.

In exceptional cases, for example extremely large rated power and high system voltage, it may be difficult to meet this test condition. In these cases, the loss at rated voltage shall be obtained by multiplying the measured loss by the square of the ratio of rated current to the current measured at the reduced voltage.

The method for determination of loss is subject to agreement between purchaser and manufacturer; satisfactory documentation regarding accuracy and reliability of the proposed method shall be provided.

As the power factor of a shunt reactor is normally very low, loss measurement using conventional wattmeter methods may be subject to considerable errors.

A bridge method may be used to advantage. A calorimetric method can be used in special cases.

The loss in the various parts of the reactor (I^2R loss, iron loss and additional loss) cannot be separated by measurement; it is thus preferable, in order to avoid corrections to reference temperature, to perform the measurement when the average temperature of the windings is practically equal to the reference temperature.

If this is impracticable, the additional loss as well as the iron loss shall be deemed independent of temperature.

If several units are to be tested, it is recommended that the unit on which loss measurement is carried out as a type test at approximately reference temperature, shall be measured at ambient temperature also, thus establishing a temperature coefficient for total loss (assuming linear variation). Remaining units will then be measured at ambient temperature only, and their loss figure

seulement à la température ambiante et les valeurs seront corrigées en les ramenant à la température de référence au moyen du coefficient de température établi pour l'unité choisie pour l'essai de type.

Si, à la tension assignée, le courant mesuré est différent du courant assigné, les pertes mesurées doivent être multipliées par le carré du rapport du courant assigné au courant mesuré.

Note. — Voir la note du paragraphe 8.6.

8.8 *Mesure des harmoniques du courant*

Cette mesure s'applique aux bobines d'inductance à caractéristique magnétique saturée (voir figure 1c). On mesure les harmoniques du courant dans les trois phases pour la tension assignée au moyen d'un analyseur d'harmoniques, et la grandeur de l'harmonique considéré est exprimée en pourcentage de la composante fondamentale.

La mesure des harmoniques de la tension d'alimentation doit être effectuée en même temps par une méthode adéquate.

Note. — Cet essai n'est réalisable que si le facteur de distorsion de la tension d'alimentation est inférieur à 2% (voir paragraphe 7.1 de la Publication 60-2 de la CEI).

8.9 *Mesure de la réactance homopolaire des bobines d'inductance triphasées linéaires et non linéaires*

Voir le paragraphe 8.7 de la Publication 76-1 de la CEI.

Cette mesure doit être effectuée à une tension correspondant à un courant de neutre ne dépassant pas le courant de phase assigné.

8.10 *Mesure de la réactance mutuelle des bobines d'inductance triphasées*

La mesure doit être effectuée, de préférence, à la tension assignée suivant la figure 3.

8.11 *Essais diélectriques*

L'application des différents essais diélectriques aux bobines d'inductance du type shunt suit en général les règles correspondantes pour les transformateurs des Publications 76-3, 726 et 722 de la CEI.

8.11.1 *Essai par tension appliquée (essai individuel)*

Voir l'article 10 de la Publication 76-3 de la CEI.

8.11.2 *Essai par tension induite (essai individuel)*

En général, l'essai par tension induite s'effectue conformément à l'article 11 de la Publication 76-3 de la CEI, sauf indication contraire donnée ci-après.

Si la bobine est à isolation uniforme, on applique le paragraphe 11.2.

Si la bobine est à isolation non uniforme, on applique soit le paragraphe 11.3, soit le paragraphe 11.4, suivant la tension d'essai et les moyens d'essais disponibles.

L'essai conforme au paragraphe 11.4 est la seule possibilité pour $U_m \geq 245$ kV, mais il peut aussi être exécuté pour des tensions inférieures par accord entre acheteur et constructeur. Lorsque l'essai conforme au paragraphe 11.4 est appliqué, il est modifié comme suit:

La mesure des décharges partielles doit être effectuée avec une tension $U_2 = 1,5 U_m / \sqrt{3}$, l'application de courte durée du niveau élevé U_1 étant omise.

shall be corrected to reference temperature using the temperature coefficient established on the type tested unit.

If, at rated voltage, the current measured is different from the rated current, the measured loss shall be multiplied by the square of the ratio of rated current to measured current.

Note. — See note to Sub-clause 8.6.

8.8 *Measurement of harmonics of the current*

This measurement applies to reactors with saturated magnetic characteristic (see Figure 1c). The harmonics of the current in all three phases are measured at rated voltage by means of a harmonic analyzer and the magnitude of the relevant harmonics is expressed as a percentage of the fundamental component.

The harmonics of the applied voltage shall be adequately measured at the same time.

Note. — This test is practicable only if the distortion factor of the applied voltage is less than 2% (see Sub-clause 7.1 of IEC Publication 60-2).

8.9 *Measurement of zero-sequence reactance on three-phase linear and non-linear reactors*

See Sub-clause 8.7 of IEC Publication 76-1.

This measurement has to be carried out at a voltage corresponding to a neutral current not exceeding the rated phase current.

8.10 *Measurement of mutual reactance on three-phase reactors*

The measurement shall be made preferably at rated voltage according to Figure 3.

8.11 *Dielectric tests*

The application of different dielectric tests to shunt reactors in general follows the corresponding rules for transformers in IEC Publications 76-3, 722 and 726.

8.11.1 *Separate-source voltage withstand test (routine test)*

See Clause 10 of IEC Publication 76-3.

8.11.2 *Induced overvoltage withstand test (routine test)*

The induced overvoltage withstand test is carried out in general accordance with Clause 11 of IEC Publication 76-3, except as otherwise described below.

If the reactor is uniformly insulated Sub-clause 11.2 applies.

If the reactor is non-uniformly insulated either Sub-clause 11.3 or Sub-clause 11.4 applies, depending upon test voltage and test facilities available.

The test according to Sub-clause 11.4 is the only alternative at $U_m \geq 245$ kV but may be used by agreement between purchaser and manufacturer at lower voltages as well. When the test according to Sub-clause 11.4 is applied, it is modified as follows:

The partial discharge measurement shall be performed with test voltage $U_2 = 1.5 U_m / \sqrt{3}$, the short-time application of the enhanced level U_1 being omitted.

Si les puissances et tensions requises pour ces essais excèdent celles qui sont disponibles à la station d'essai, l'essai doit être remplacé par un essai au choc de foudre après accord entre acheteur et constructeur.

Les tensions et les méthodes d'essai doivent faire l'objet d'un accord à la commande.

Note. — Pour les bobines d'inductance de type sec, voir également l'article 20 de la Publication 726 de la CEI.

8.11.3 *Essai au choc de foudre (essai de type et individuel)*

Voir les articles 12 et 13 de la Publication 76-3 ou l'article 19 de la Publication 726 et la Publication 722 de la CEI.

8.11.4 *Essai au choc de manœuvre (essai de type et individuel)*

Voir l'article 14 de la Publication 76-3 et le paragraphe 7.3 de la Publication 722 de la CEI.

8.12 *Mesure de la caractéristique magnétique*

Une mesure de la caractéristique magnétique peut être spécifiée lorsque la bobine d'inductance est du type non linéaire (figure 1b) ou du type saturé (figure 1c). La mesure peut être effectuée avec une tension et un courant à fréquence industrielle jusqu'à la tension maximale de service ou, par accord entre acheteur et constructeur, légèrement au-dessus de cette valeur.

Une autre méthode de mesure couvrant une plage plus étendue du flux embrassé peut également faire l'objet d'un accord.

8.13 *Mesure du niveau de bruit*

Cet essai s'effectue en général conformément à la Publication 551 de la CEI.

Lors des mesures effectuées sur les bobines d'inductance de type sec, on doit assurer des distances de sécurité suffisantes aux enroulements sous tension.

Le contour défini au paragraphe 3.4 de la Publication 551 de la CEI doit être distant de 2 m de la surface des enroulements. Le contour prescrit sera situé dans un plan horizontal passant à mi-hauteur des enroulements.

Note. — Pour les bobines d'inductance de forte puissance, les essais peuvent être effectués sur le site si cela n'est pas possible en usine et feront l'objet d'un accord entre acheteur et constructeur.

8.14 *Mesure des vibrations*

Si une mesure de vibration est demandée, les points suivants doivent faire l'objet d'un accord avant les essais afin de déterminer:

- si l'essai doit être effectué en tant qu'essai de type sur une unité ou en tant qu'essai individuel sur tous les appareils,
- si l'essai doit être effectué à la tension assignée ou à la tension maximale de service si ces deux tensions sont différentes,
- où et comment les mesures doivent être effectuées (normalement sur les quatre parois de la cuve et en un nombre suffisant de points de mesure pour permettre d'établir une moyenne).

Les amplitudes de vibration doivent être exprimées en valeur de crête à crête.

Une valeur maximale de 200 μm est recommandée.

8.15 *Essai d'échauffement*

Voir la Publication 76-2 de la CEI.

If the power and voltage requirements for these tests exceed those available at the test station, the test shall be replaced by agreement between purchaser and manufacturer by a lightning impulse test.

Test voltages and test methods have to be agreed upon at the time of the order.

Note. — For dry-type reactors, also see Clause 20 of IEC Publication 726.

8.11.3 *Lightning impulse test (type and routine test)*

See Clauses 12 and 13 of IEC Publication 76-3, or Clause 19 of IEC Publication 726 and IEC Publication 722.

8.11.4 *Switching impulse test (type and routine test)*

See Clause 14 of IEC Publication 76-3 and Sub-clause 7.3 of IEC Publication 722.

8.12 *Measurement of magnetic characteristic*

A measurement of the magnetic characteristic may be specified when the reactor is non-linear (Figure 1b) or saturated (Figure 1c). The measurement may be conducted with power frequency voltage and current up to maximum operating voltage or, by agreement between purchaser and manufacturer, slightly above this value.

An alternative method of measurement over a wider range of flux linkage may be agreed upon.

8.13 *Measurement of acoustic sound level*

This test should be made in general accordance with IEC Publication 551.

During measurements on dry-type reactors, sufficient safety clearances to the winding under test have to be ensured.

The contour defined in Sub-clause 3.4 of IEC Publication 551 shall be located 2 m from the winding surface. The prescribed contour shall be located on a horizontal plane at half the winding height.

Note. — For large power rating reactors, if not possible in the factory, the test may be carried out on site subject to agreement between purchaser and manufacturer.

8.14 *Measurement of vibration*

If measurement of vibration is specified, the following items shall be agreed upon before the test is carried out:

- whether the test shall be made as a type test on one unit or as a routine test on all units,
- whether the test shall be run at rated voltage or maximum operating voltage, if different,
- where and how the measurements shall be taken (normally on all four sides of the tank wall and at a sufficient number of points to permit an averaging procedure).

The measurements shall be expressed in terms of peak-to-peak amplitude of vibration.

A recommended maximum value is 200 μm .

8.15 *Temperature-rise test*

See IEC Publication 76-2.

Cet essai est effectué, de préférence, à la tension maximale de service et à la fréquence assignée.

Si la tension maximale de service ne peut être maintenue pendant l'essai, celui-ci peut être effectué à une tension réduite mais pas inférieure à 90% de la tension maximale de service. Les échauffements doivent être corrigés pour la valeur de la tension maximale de service conformément aux Publications 76-2 ou 726 de la CEI, respectivement pour les bobines d'inductance immergées dans l'huile ou de type sec.

9. Tolérances

Dans le cas de bobines d'inductance à prises, les tolérances s'appliquent pour la prise principale, sauf spécification contraire.

9.1 Tolérances sur la réactance à la tension assignée et à la fréquence assignée

$\pm 5\%$ de la réactance assignée.

Dans le cas de bobines d'inductance shunt triphasées ou de bancs de trois bobines monophasées, les réactances dans les trois phases, connectées à un réseau de tensions symétriques, ne doivent pas s'écarter de plus de $\pm 2\%$ de la valeur moyenne, mais toujours dans les limites de la tolérance de $\pm 5\%$ indiquée ci-dessus.

Si la bobine d'inductance possède une caractéristique qui soit conforme à la figure 1b, une tolérance de $\pm 5\%$ sur la variation de la valeur de la réactance mesurée à la tension assignée doit être appliquée jusqu'à une tension limite spécifiée par l'acheteur.

9.2 Tolérances sur les pertes

Les pertes totales mesurées et corrigées suivant le paragraphe 8.7 ne doivent pas dépasser les pertes garanties de plus de 15%.

SECTION TROIS — BOBINES D'INDUCTANCE DE LIMITATION DE COURANT ET BOBINES D'INDUCTANCE DE MISE À LA TERRE DU NEUTRE

10. Généralités

10.1 Domaine d'application

Bobines d'inductance destinées à limiter le courant en cas de défauts dans les réseaux. Ces bobines peuvent être:

10.1.1 Bobines d'inductance de limitation de courant

Bobines d'inductance destinées à limiter le courant de courte durée. Pendant le fonctionnement normal, un courant permanent traverse la bobine d'inductance de limitation de courant.

10.1.2 Bobines d'inductance de mise à la terre du neutre

Bobines d'inductance monophasées pour réseaux triphasés, connectées entre le neutre d'un réseau et la terre, pour limiter le courant phase-terre dans les conditions de défaut du réseau. En général, les bobines d'inductance de mise à la terre du neutre ne sont pas parcourues par un courant permanent, ou alors uniquement par un courant permanent faible.

This test is performed preferably at maximum operating voltage and rated frequency.

If the maximum operating voltage cannot be maintained during the test, it may be performed at reduced voltage but not less than 90% of maximum operating voltage. The temperature rises shall be corrected to the maximum operating voltage according to IEC Publications 76-2 or 726, for oil-immersed and dry-type reactors respectively.

9. Tolerances

In the case of shunt reactors with tapplings, the tolerances apply to the principal tapping unless otherwise specified.

9.1 *Tolerances on reactance at rated voltage and rated frequency*

$\pm 5\%$ of rated reactance.

In the case of three-phase shunt reactors or banks of three single-phase reactors, the reactances in the three phases, when connected to a system of symmetrical voltages, shall not deviate from the average by more than $\pm 2\%$ but always within the above-mentioned $\pm 5\%$ tolerance.

If a reactor is specified with a characteristic according to Figure 1b, a tolerance on variation of reactance of $\pm 5\%$ of the reactance value measured at rated voltage shall apply up to a limit of voltage specified by the purchaser.

9.2 *Tolerance on loss*

The total loss measured and corrected according to Sub-clause 8.7 shall not exceed the guaranteed loss by more than 15%.

SECTION THREE — CURRENT-LIMITING REACTORS AND NEUTRAL-EARTHING REACTORS

10. General

10.1 *Scope*

Reactors intended for limiting the current under system fault conditions such as:

10.1.1 *Current-limiting reactors*

Reactors intended for limiting the short-time current. During normal operation a continuous current flows through the current-limiting reactor.

10.1.2 *Neutral-earthing reactors*

Single-phase reactors for three-phase systems, connected between the neutral of a system and earth, for limiting the line-to-earth current under system fault conditions. Neutral-earthing reactors generally carry no continuous current, or only a small continuous current.