



IEC 60076-6

Edition 1.0 2007-12

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Power transformers –
Part 6: Reactors**

**Transformateurs de puissance –
Partie 6: Bobines d'inductance**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XF

CONTENTS

| | |
|--|----|
| FOREWORD..... | 9 |
| INTRODUCTION..... | 11 |
| 1 Scope..... | 12 |
| 2 Normative references..... | 12 |
| 3 Terms and definitions..... | 13 |
| 3.1 Types of reactor..... | 13 |
| 3.2 Other definitions..... | 14 |
| 4 Symbols and abbreviations..... | 17 |
| 5 Service conditions..... | 18 |
| 5.1 General..... | 18 |
| 5.2 Seismic conditions..... | 18 |
| 6 Design, testing, tolerances and application..... | 18 |
| 7 Shunt reactors..... | 20 |
| 7.1 General..... | 20 |
| 7.2 Design..... | 20 |
| 7.3 Terms and definitions..... | 20 |
| 7.4 Rating..... | 21 |
| 7.4.1 Rated voltage..... | 22 |
| 7.4.2 Maximum operating voltage..... | 22 |
| 7.4.3 Rated power..... | 22 |
| 7.4.4 Zero-sequence reactance of a three-phase star-connected reactor..... | 22 |
| 7.4.5 Mutual reactance of a three-phase reactor..... | 22 |
| 7.4.6 Inrush current level..... | 22 |
| 7.4.7 Linearity of the shunt reactor..... | 22 |
| 7.5 Temperature rise..... | 22 |
| 7.6 Insulation level..... | 23 |
| 7.7 Rating plates..... | 23 |
| 7.8 Tests..... | 23 |
| 7.8.1 General..... | 23 |
| 7.8.2 Routine tests..... | 23 |
| 7.8.3 Type tests..... | 24 |
| 7.8.4 Special tests..... | 24 |
| 7.8.5 Determination of reactance and linearity of reactance..... | 24 |
| 7.8.6 Measurement of loss (routine test, special test)..... | 25 |
| 7.8.7 Measurement of harmonics of the current (special test)..... | 26 |
| 7.8.8 Measurement of zero-sequence reactance on three-phase reactors (special test)..... | 27 |
| 7.8.9 Measurement of mutual reactance on three-phase reactors (special test)..... | 27 |
| 7.8.10 Dielectric tests..... | 27 |
| 7.8.11 Measurement of magnetic characteristic (special test)..... | 30 |
| 7.8.12 Measurement of acoustic sound level (type test, special test)..... | 30 |
| 7.8.13 Measurement of vibration (type test)..... | 31 |
| 7.8.14 Temperature rise test (type test)..... | 32 |
| 7.9 Tolerances..... | 33 |

| | | |
|--------|--|----|
| 7.9.1 | General | 33 |
| 7.9.2 | Tolerances on reactance at rated voltage and rated frequency | 33 |
| 7.9.3 | Tolerances on the linearity of reactance | 33 |
| 7.9.4 | Tolerance on loss | 33 |
| 8 | Current-limiting reactors and neutral-earthing reactors | 33 |
| 8.1 | General | 33 |
| 8.2 | Design..... | 34 |
| 8.3 | Terms and definitions | 34 |
| 8.4 | Rating | 36 |
| 8.4.1 | Rated continuous current..... | 36 |
| 8.4.2 | Rated thermal short-circuit current..... | 37 |
| 8.4.3 | Rated thermal short-circuit current duration | 37 |
| 8.4.4 | Rated mechanical short-circuit current..... | 37 |
| 8.4.5 | Rated short-time current..... | 37 |
| 8.4.6 | Rated short-time current duration or duty-cycle | 37 |
| 8.4.7 | Coupling factor | 38 |
| 8.4.8 | Rated short-circuit impedance | 38 |
| 8.4.9 | Rated short-time impedance | 39 |
| 8.4.10 | Rated continuous impedance..... | 39 |
| 8.5 | Ability to withstand rated thermal and rated mechanical short-circuit current | 39 |
| 8.6 | Temperature rise..... | 39 |
| 8.6.1 | Temperature rise at rated continuous current | 39 |
| 8.6.2 | Temperature due to rated thermal short-circuit current and rated short-time current loading..... | 40 |
| 8.7 | Insulation level | 40 |
| 8.7.1 | General | 40 |
| 8.8 | Rating plates | 40 |
| 8.9 | Tests..... | 41 |
| 8.9.1 | General | 41 |
| 8.9.2 | Routine tests | 41 |
| 8.9.3 | Type tests | 41 |
| 8.9.4 | Special tests..... | 42 |
| 8.9.5 | Measurement of impedance at rated continuous current (routine test) | 42 |
| 8.9.6 | Measurement of impedance at rated short-time current (routine test)..... | 43 |
| 8.9.7 | Measurement of loss (routine test, special test)..... | 43 |
| 8.9.8 | Separate source a.c. withstand voltage test (routine test, special test)..... | 44 |
| 8.9.9 | Winding overvoltage test for current-limiting reactors (routine test)..... | 44 |
| 8.9.10 | Winding overvoltage test for neutral-earthing reactors (routine test) | 45 |
| 8.9.11 | Temperature rise test at rated continuous current (type test) | 45 |
| 8.9.12 | Lightning impulse test for current-limiting reactors (type test) | 46 |
| 8.9.13 | Short-circuit current test (special test) | 46 |
| 8.9.14 | Measurement of acoustic sound level at rated continuous current (special test)..... | 47 |
| 8.9.15 | Vibration measurement at rated continuous current (special test) | 47 |
| 8.9.16 | Switching impulse test (special test) | 48 |
| 8.9.17 | Double-ended lightning impulse test (special test) | 48 |
| 8.9.18 | Measurement of coupling factor (special test)..... | 49 |
| 8.9.19 | Wet winding overvoltage test (special test) | 49 |

| | | |
|---------|---|----|
| 8.9.20 | Wet separate source a.c. withstand voltage test (special test) | 49 |
| 8.9.21 | Measurement of reactance of the winding in the case of gapped-core and magnetically-shielded air-core reactors (special test) | 49 |
| 8.10 | Tolerances | 50 |
| 8.10.1 | Tolerance on impedances of reactors without compensation for mutual coupling | 50 |
| 8.10.2 | Tolerance on impedance of reactors with compensation for mutual coupling | 50 |
| 8.10.3 | Tolerance on loss | 50 |
| 9 | Filter, damping and discharge reactors associated with capacitors | 50 |
| 9.1 | General | 50 |
| 9.2 | Design | 51 |
| 9.3 | Terms and definitions | 51 |
| 9.4 | Rating | 53 |
| 9.4.1 | Rated power frequency current | 53 |
| 9.4.2 | Rated current spectrum | 53 |
| 9.4.3 | Rated inrush current | 54 |
| 9.4.4 | Rated inrush frequency | 54 |
| 9.4.5 | Rated discharge current | 54 |
| 9.4.6 | Rated discharge frequency | 54 |
| 9.4.7 | Rated thermal short-circuit current | 54 |
| 9.4.8 | Rated thermal short-circuit current duration | 54 |
| 9.4.9 | Rated mechanical short-circuit current | 55 |
| 9.4.10 | Rated inductance | 55 |
| 9.4.11 | Quality factor | 55 |
| 9.5 | Ability to withstand rated thermal and rated mechanical short-circuit current | 55 |
| 9.6 | Ability to withstand inrush or discharge current | 56 |
| 9.7 | Temperature rise | 56 |
| 9.7.1 | Temperature rise at equivalent current at power frequency | 56 |
| 9.7.2 | Temperature due to rated thermal short-circuit current loading | 56 |
| 9.8 | Insulation level | 56 |
| 9.8.1 | General | 56 |
| 9.8.2 | Insulation requirements | 56 |
| 9.9 | Rating plates | 57 |
| 9.10 | Tests | 57 |
| 9.10.1 | General | 57 |
| 9.10.2 | Routine tests | 58 |
| 9.10.3 | Type tests | 58 |
| 9.10.4 | Special tests | 58 |
| 9.10.5 | Measurement of inductance (routine test, type test) | 58 |
| 9.10.6 | Measurement of loss and quality factor (routine test, type test) | 59 |
| 9.10.7 | Winding overvoltage test (routine test) | 59 |
| 9.10.8 | Temperature rise test at rated continuous current (type test) | 60 |
| 9.10.9 | Lightning impulse test (type test) | 60 |
| 9.10.10 | Short-circuit current test (special test) | 60 |
| 9.10.11 | Measurement of acoustic sound level at rated continuous current (special test) | 61 |
| 9.10.12 | Separate source a.c. withstand voltage test (special test) | 62 |
| 9.10.13 | Inrush current withstand test (special test) | 62 |
| 9.10.14 | Discharge current test (special test) | 63 |

| | | |
|---------|--|----|
| 9.10.15 | Modified short-circuit/discharge current test (special test) | 63 |
| 9.10.16 | Mechanical resonance test (special test) | 63 |
| 9.11 | Tolerances | 63 |
| 9.11.1 | Tolerance on rated inductance | 63 |
| 9.11.2 | Tolerance on measured loss and quality factor | 63 |
| 10 | Earthing transformers (neutral couplers) | 63 |
| 10.1 | General | 63 |
| 10.2 | Design | 64 |
| 10.3 | Terms and definitions | 64 |
| 10.4 | Rating | 66 |
| 10.4.1 | Rated voltage | 66 |
| 10.4.2 | Maximum operating voltage | 66 |
| 10.4.3 | Rated zero-sequence impedance | 66 |
| 10.4.4 | Rated continuous neutral current | 66 |
| 10.4.5 | Rated short-time neutral current | 67 |
| 10.4.6 | Rated short-time neutral current duration | 67 |
| 10.4.7 | Rated voltage of the secondary winding | 67 |
| 10.4.8 | Further ratings for the combination of an earthing transformer and an arc-suppression reactor | 67 |
| 10.5 | Ability to withstand the rated short-time neutral current | 67 |
| 10.6 | Temperature rise | 68 |
| 10.6.1 | Temperature rise at rated voltage, rated continuous neutral current and rated power of the secondary winding | 68 |
| 10.6.2 | Temperature after rated short-time neutral current loading | 68 |
| 10.7 | Insulation level | 68 |
| 10.8 | Rating plates | 68 |
| 10.9 | Tests | 69 |
| 10.9.1 | General | 69 |
| 10.9.2 | Routine tests | 69 |
| 10.9.3 | Type tests | 70 |
| 10.9.4 | Special tests | 70 |
| 10.9.5 | Measurement of zero-sequence impedance (routine test) | 70 |
| 10.9.6 | Temperature rise test (type test) | 71 |
| 10.9.7 | Dielectric tests (routine test, type test) | 72 |
| 10.9.8 | Demonstration of ability to withstand rated short-time neutral current (special test) | 72 |
| 10.9.9 | Measurement of loss at rated continuous neutral current (special test) | 73 |
| 10.9.10 | Measurement of neutral current with three-phase excitation under single-phase fault condition (type test) | 73 |
| 10.10 | Tolerances | 73 |
| 11 | Arc-suppression reactors | 74 |
| 11.1 | General | 74 |
| 11.2 | Design | 74 |
| 11.3 | Terms and definitions | 74 |
| 11.4 | Rating | 75 |
| 11.4.1 | Rated voltage | 75 |
| 11.4.2 | Maximum continuous voltage | 75 |
| 11.4.3 | Rated current | 75 |
| 11.4.4 | Rated current duration | 76 |

| | | |
|---------|---|----|
| 11.4.5 | Adjustment range | 76 |
| 11.4.6 | Auxiliary winding | 76 |
| 11.4.7 | Secondary winding | 76 |
| 11.4.8 | Linearity of the arc-suppression reactor | 76 |
| 11.5 | Temperature rise | 76 |
| 11.6 | Insulation level | 77 |
| 11.7 | Rating plates | 77 |
| 11.8 | Tests | 77 |
| 11.8.1 | General | 77 |
| 11.8.2 | Routine tests | 78 |
| 11.8.3 | Type tests | 78 |
| 11.8.4 | Special tests | 78 |
| 11.8.5 | Measurement of current at rated voltage (type test), measurement of current (routine test) | 78 |
| 11.8.6 | Measurement of no-load voltage of the auxiliary and secondary windings (routine test) | 78 |
| 11.8.7 | Temperature rise test (type test) | 79 |
| 11.8.8 | Dielectric tests (routine test, type test) | 79 |
| 11.8.9 | Measurement of loss (special test) | 79 |
| 11.8.10 | Measurement of linearity (special test) | 80 |
| 11.8.11 | Measurement of acoustic sound level (special test) | 80 |
| 11.8.12 | Endurance tests of the inductance regulation mechanism (special test) | 80 |
| 11.8.13 | Demonstration of ability to withstand the dynamic effects of the rated current (special test) | 80 |
| 11.9 | Tolerances | 81 |
| 12 | Smoothing reactors | 81 |
| 12.1 | General | 81 |
| 12.2 | Design | 81 |
| 12.3 | Terms and definitions | 81 |
| 12.4 | Rating | 82 |
| 12.4.1 | Rated voltage | 82 |
| 12.4.2 | Maximum operating voltage | 82 |
| 12.4.3 | Rated continuous direct current | 83 |
| 12.4.4 | Rated continuous current spectrum | 83 |
| 12.4.5 | Short-time overload current, current spectrum and current duration or duty-cycle | 83 |
| 12.4.6 | Rated transient fault current | 83 |
| 12.4.7 | Rated incremental inductance | 83 |
| 12.4.8 | Linearity of the smoothing reactor | 83 |
| 12.4.9 | Additional requirements for reactors with directly liquid cooled windings | 83 |
| 12.5 | Temperature rise | 84 |
| 12.6 | Insulation levels | 84 |
| 12.6.1 | Lightning impulse levels | 84 |
| 12.6.2 | Switching impulse levels | 84 |
| 12.6.3 | Separate source d.c. withstand voltage level | 84 |
| 12.6.4 | Polarity-reversal withstand voltage level | 84 |
| 12.6.5 | Separate source a.c. withstand voltage level | 84 |
| 12.7 | Rating plates | 85 |

| | | |
|--|--|-----|
| 12.8 | Tests | 85 |
| 12.8.1 | General | 85 |
| 12.8.2 | Routine tests | 85 |
| 12.8.3 | Type test | 86 |
| 12.8.4 | Special tests | 86 |
| 12.8.5 | Measurement of incremental inductance (routine test) | 86 |
| 12.8.6 | Measurement of the harmonic current loss and calculation of the total loss (routine test) | 87 |
| 12.8.7 | Separate source a.c. withstand voltage test (routine test) | 88 |
| 12.8.8 | Separate source d.c. withstand voltage test for liquid-immersed reactors (routine test) | 88 |
| 12.8.9 | Polarity-reversal withstand test for liquid-immersed reactors (routine test) | 89 |
| 12.8.10 | Lightning impulse test (routine test) | 90 |
| 12.8.11 | Switching impulse test (routine test, type test) | 90 |
| 12.8.12 | Wet separate source d.c. withstand voltage test for dry-type reactors (type test) | 90 |
| 12.8.13 | Temperature rise test (type test) | 90 |
| 12.8.14 | Measurement of acoustic sound level (special test) | 91 |
| 12.8.15 | Measurement of high frequency impedance (special test) | 92 |
| 12.8.16 | Test of the tightness of the liquid cooling circuit for reactors with directly liquid cooled windings (routine test) | 92 |
| 12.8.17 | Measurement of the pressure drop for reactors with directly liquid cooled windings (type test) | 93 |
| 12.8.18 | Transient fault current test (special test) | 93 |
| 12.8.19 | Chopped wave impulse test for liquid-immersed reactors (special test) | 94 |
| 12.9 | Tolerances | 94 |
| Annex A (informative) Information on shunt reactor switching and on special applications | | 95 |
| Annex B (informative) Magnetic characteristic of reactors | | 98 |
| Annex C (informative) Mutual reactance, coupling factor and equivalent reactances of three-phase reactors | | 105 |
| Annex D (informative) Temperature correction of losses for liquid-immersed gapped-core and magnetically-shielded air-core reactors | | 108 |
| Annex E (normative) Turn-to-turn overvoltage test for dry-type reactors | | 110 |
| Annex F (informative) Short-circuit testing | | 112 |
| Annex G (informative) Resistors – Characteristics, specification and tests | | 114 |
| Bibliography | | 117 |
| Figure 1 – Types of magnetic characteristics for reactors | | 15 |
| Figure 2 – Parameters for non-linear magnetic characteristic | | 16 |
| Figure 3 – Measurement of mutual reactance for three-phase reactors or banks of three single-phase reactors | | 27 |
| Figure 4 – Phase-to-earth test circuit for single-phase excitation | | 29 |
| Figure 5 – Phase-to-phase test circuit for single-phase excitation | | 29 |

| | |
|---|-----|
| Figure 6 – Single-phase excitation circuit for reactors with magnetic shield for zero-sequence flux | 29 |
| Figure 7 – Measurement of mutual reactance for three-phase reactors or banks of three single-phase reactors | 49 |
| Figure 8 – Single-phase fault test circuit with earthed neutral | 73 |
| Figure 9 – Single-phase fault test circuit with earthed voltage-supply..... | 73 |
| Figure 10 – Measuring circuit for determining incremental inductance of two identical smoothing reactors | 87 |
| Figure 11 – Double reversal test voltage profile | 89 |
| Figure B.1 – Illustration of linked flux and current waveshapes with a sinusoidal voltage applied to a reactor with a non-linear magnetic characteristic according to Figure B.6..... | 99 |
| Figure B.2 – Circuit for measurement the magnetic characteristic according to B.7.1 | 102 |
| Figure B.3 – Equivalent circuit with the reactor short-circuited | 102 |
| Figure B.4 – Measured curves of a reactors d.c. charge and discharge current..... | 103 |
| Figure B.5 – Calculated linked flux during discharge period (see equations B7 and B9) | 104 |
| Figure B.6 – Magnetic characteristic | 104 |
| Figure C.1 – Equivalent scheme of a three-phase reactor including the magnetic coupling between phases..... | 105 |
| Figure E.1 – Test circuit for turn-to-turn overvoltage test and sample oscillograms | 111 |
| Table 1 – Temperature limits for winding terminals of dry-type reactors | 19 |
| Table 2 – Tolerances | 74 |
| Table 3 – Tolerances | 81 |
| Table C.1 – Reactance and flux ratios for reactors with uniform magnetic coupling..... | 106 |
| Table C.2 – Coupling values for reactors with non-uniform magnetic coupling | 107 |

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

POWER TRANSFORMERS –**Part 6: Reactors**

FOREWORD

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

International Standard IEC 60076-6 has been prepared by IEC technical committee 14: Power Transformers.

This first edition of IEC 60076-6 cancels and replaces the second edition of IEC 60289 published in 1988. This first edition constitutes a technical revision.

This edition included the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- wide extension of the "Definitions", "Rating" and "Tests" Clauses,
- more consequent distinction between definition and rating,
- "Tests" subclauses take into account the latest revisions of relevant IEC 60076 standards,
- dielectric testing of reactors is now in line with dielectric testing of transformer according IEC 60076-3:2000,
- consequent distinction between oil-immersed and dry-type reactor,
- document offers an easier handling and is a more stand-alone document than IEC 60289,

- introduction of the discharge reactor as part of Clause 9,
- introduction of the turn-to-turn overvoltage test for dry-type reactors (Annex E),
- important background information given by newly introduced informative annexes,
 - ANNEX A (informative) – Information on shunt reactor switching and on special applications
 - ANNEX B (informative) – Magnetic characteristic of reactors
 - ANNEX C (informative) – Mutual reactance, coupling factor and equivalent reactances of three-phase reactors
 - ANNEX D (informative) – Temperature correction of losses for liquid-immersed gapped-core and magnetically shielded air-core reactors
 - ANNEX F (informative) – Short-circuit testing
 - ANNEX G (informative) – Resistors – Characteristics, Specification, Tests

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

| CDV | Report on voting |
|------------|------------------|
| 14/538/CDV | 14/547A/RVC |

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

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

A list of all parts of the IEC 60076 series, under the general title Power transformers, can be found on the IEC website.

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

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

IEC thanks The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (IEEE) for permission to reproduce information from its Standard IEEE C57.21-1990, 10.3.3.2 and 10.7 and from its Standard IEEE C57.16-1996, 11.6. All such excerpts are copyright of IEEE, New York, NY, USA. All rights reserved. Further information on the IEEE is available from <http://www.ieee.org>. IEEE has no responsibility for the placement and context in which the excerpts and contents are reproduced by IEC; nor is IEEE in any way responsible for the other content or accuracy therein.

INTRODUCTION

This part of IEC 60076 is intended to provide the basis for the specification and testing of the types of reactor given in the scope. The document also gives some important information on certain reactor applications to aid the preparation of a reactor specification.

Wherever possible, references to technical Clauses in the other parts of IEC 60076 which are relevant to power transformers have been made. However, because reactors have some fundamental differences to transformers there are special considerations that apply to the specification, testing and application of reactors. These are included in this part of IEC 60076.

Clauses 1 to 6 form the general parts of the document, which apply to all types of reactor. Clauses 7 to 12 deal individually with each different type of reactor. Generally, only one of the Clauses 7 to 12 will apply to a specific reactor.

This part of IEC 60076 has more than one definition Subclause. The general definitions given in Clause 3 apply to the whole document. Each of the Clauses 7 to 12 dealing with a certain type of reactor includes a definition Subclause relevant and applying only to that Clause.

Clauses 7 to 12 have been given a uniform structure. Within this structure, the Rating Subclause sets out the minimum information that a purchaser shall supply with the reactor specification. The test Subclause in each Clause defines the relevant tests that can be applied to that particular type of reactor and may include some additional items that shall be agreed on at the time of order.

Annexes A, B, C, D, F and G provide further information for certain reactor applications and testing. Annex E describes the dielectric turn-to-turn test.

This part of IEC 60076 covers both dry-type and liquid-immersed reactors and where Clauses or Subclauses apply to only one type this is made clear.

Where possible, the requirements of this part of IEC 60076 have been harmonised with the equivalent IEEE standard.

POWER TRANSFORMERS –

Part 6: Reactors

1 Scope

This part of IEC 60076 applies to the following types of reactors:

- shunt reactors;
- series reactors including current-limiting reactors, neutral-earthing reactors, power flow control reactors, motor starting reactors, arc-furnace series reactors;
- filter (tuning) reactors;
- capacitor damping reactors;
- capacitor discharge reactors;
- earthing transformers (neutral couplers);
- arc-suppression reactors;
- smoothing reactors for HVDC and industrial application;

with the exception of the following reactors:

- reactors with a rating less than 1 kvar single-phase and 5 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 small or special reactors, this part of IEC 60076 may be applicable as a whole or in part.

2 Normative references

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

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

IEC 60076-1:1993, *Power transformers – Part 1: General*
Amendment 1 (1999)

IEC 60076-2:1997, *Power transformers – Part 2: Temperature rise*

IEC 60076-3:2000, *Power transformers – Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air*

IEC 60076-4:2002, *Power transformers – Part 4: Guide to lightning impulse and switching impulse testing – Power transformers and reactors*

IEC 60076-5:2006, *Power transformers – Part 5: Ability to withstand short-circuit*

IEC 60076-7:2005, *Power transformers – Part 7: Loading guide for oil-immersed power transformers*

IEC 60076-8:1997, *Power transformers – Part 8: Application guide*

IEC 60076-10:2005, *Power transformers – Part 10: Determination of sound levels*

IEC 60076-11:2004, *Power transformers – Part 11: Dry-type transformers*

IEC 60137, *Insulated bushings for alternating voltages above 1 000 V*

IEC 60270, *High-voltage test techniques – Partial discharge measurements*

IEC 60721-2-6, *Classification of environmental conditions – Part 2: Environmental conditions appearing in nature. Earthquake vibration and shock*

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

IEC 60905:1987, *Loading guide for dry-type power transformers*

IEC 60943:1998, *Guidance concerning the permissible temperature rise for parts of electrical equipment, in particular for terminals*

SOMMAIRE

| | |
|---|-----|
| AVANT-PROPOS..... | 126 |
| INTRODUCTION..... | 128 |
| 1 Domaine d'application | 129 |
| 2 Références normatives..... | 129 |
| 3 Termes et définitions | 130 |
| 3.1 Types de bobines d'inductance | 130 |
| 3.2 Autres définitions | 131 |
| 4 Symboles et abréviations..... | 134 |
| 5 Conditions de service | 135 |
| 5.1 Généralités..... | 135 |
| 5.2 Conditions sismiques | 135 |
| 6 Conception, essais, tolérances et application | 136 |
| 7 Bobines d'inductance shunt..... | 137 |
| 7.1 Généralités..... | 137 |
| 7.2 Conception..... | 137 |
| 7.3 Termes et définitions..... | 137 |
| 7.4 Caractéristiques assignées | 139 |
| 7.4.1 Tension assignée | 139 |
| 7.4.2 Tension maximale de service..... | 139 |
| 7.4.3 Puissance assignée..... | 139 |
| 7.4.4 Réactance homopolaire X_0 d'une bobine d'inductance triphasée à couplage en étoile | 139 |
| 7.4.5 Réactance mutuelle d'une bobine d'inductance triphasée | 140 |
| 7.4.6 Niveau du courant d'appel | 140 |
| 7.4.7 Linéarité de la bobine d'inductance shunt..... | 140 |
| 7.5 Echauffement..... | 140 |
| 7.6 Niveau d'isolement..... | 140 |
| 7.7 Plaques signalétiques | 140 |
| 7.8 Essais | 141 |
| 7.8.1 Généralités..... | 141 |
| 7.8.2 Essais individuels de série | 141 |
| 7.8.3 Essais de type..... | 141 |
| 7.8.4 Essais spéciaux..... | 142 |
| 7.8.5 Détermination de la réactance et de la linéarité de réactance | 142 |
| 7.8.6 Mesure des pertes (essai individuel de série, essai spécial) | 143 |
| 7.8.7 Mesure des harmoniques du courant (essai spécial)..... | 144 |
| 7.8.8 Mesure de la réactance homopolaire des bobines d'inductance triphasées (essai spécial)..... | 145 |
| 7.8.9 Mesure de la réactance mutuelle des bobines d'inductance triphasées (essai spécial)..... | 145 |
| 7.8.10 Essais diélectriques..... | 145 |
| 7.8.11 Mesure de la caractéristique magnétique (essai spécial) | 149 |
| 7.8.12 Mesure du niveau de bruit (essai de type, essai spécial) | 149 |
| 7.8.13 Mesure des vibrations (essai de type)..... | 150 |
| 7.8.14 Essai d'échauffement (essai de type) | 151 |
| 7.9 Tolérances | 152 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 7.9.1 | Généralités..... | 152 |
| 7.9.2 | Tolérances de réactance sous la tension assignée et à la fréquence assignée..... | 152 |
| 7.9.3 | Tolérances sur la linéarité de réactance | 152 |
| 7.9.4 | Tolérance sur les pertes | 152 |
| 8 | Bobines d'inductance de limitation de courant et bobines d'inductance de mise à la terre du neutre | 152 |
| 8.1 | Généralités..... | 152 |
| 8.2 | Conception..... | 153 |
| 8.3 | Termes et définitions..... | 153 |
| 8.4 | Caractéristiques assignées | 155 |
| 8.4.1 | Courant permanent assigné..... | 155 |
| 8.4.2 | Courant de court-circuit thermique assigné..... | 156 |
| 8.4.3 | Durée du courant de court-circuit thermique assigné | 156 |
| 8.4.4 | Courant de court-circuit mécanique assigné | 156 |
| 8.4.5 | Courant de courte durée assigné..... | 156 |
| 8.4.6 | Durée du courant de courte durée assigné ou cycle de fonctionnement..... | 157 |
| 8.4.7 | Facteur de couplage..... | 157 |
| 8.4.8 | Impédance de court-circuit assignée..... | 157 |
| 8.4.9 | Impédance de courte durée assignée | 158 |
| 8.4.10 | Impédance permanente assignée | 158 |
| 8.5 | Aptitude à résister au courant de court-circuit thermique et mécanique assignés..... | 159 |
| 8.6 | Echauffement | 159 |
| 8.6.1 | Echauffement au courant permanent assigné | 159 |
| 8.6.2 | Température due au courant de court-circuit thermique assigné et charge de courant de courte durée assignée | 159 |
| 8.7 | Niveau d'isolement..... | 159 |
| 8.7.1 | Généralités..... | 159 |
| 8.8 | Plaques signalétiques | 160 |
| 8.9 | Essais | 161 |
| 8.9.1 | Généralités..... | 161 |
| 8.9.2 | Essais individuels de série | 161 |
| 8.9.3 | Essais de type..... | 161 |
| 8.9.4 | Essais spéciaux..... | 161 |
| 8.9.5 | Mesure de l'impédance pour le courant permanent assigné (essai individuel de série) | 162 |
| 8.9.6 | Mesure de l'impédance pour le courant de courte durée assigné (essai individuel de série)..... | 163 |
| 8.9.7 | Mesure des pertes (essai individuel de série, essai spécial) | 163 |
| 8.9.8 | Essai de tension de tenue alternative par source séparée (essai individuel de série, essai spécial) | 164 |
| 8.9.9 | Essai de surtension d'enroulement pour les bobines d'inductance de limitation du courant (essai individuel de série) | 165 |
| 8.9.10 | Essai de surtension d'enroulement pour les bobines d'inductance de limitation du courant (essai individuel de série) | 165 |
| 8.9.11 | Essai d'échauffement au courant permanent assigné (essai de type) | 165 |
| 8.9.12 | Essai au choc de foudre pour les bobines d'inductance de limitation du courant (essai de type) | 166 |
| 8.9.13 | Essai au courant de court-circuit (essai spécial)..... | 166 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 8.9.14 | Mesure du niveau de bruit avec le courant permanent assigné (essai spécial) | 168 |
| 8.9.15 | Mesure des vibrations avec le courant permanent assigné (essai spécial) | 168 |
| 8.9.16 | Essai au choc de manœuvre (essai spécial) | 169 |
| 8.9.17 | Essai au choc de foudre à double extrémité (essai spécial) | 169 |
| 8.9.18 | Mesure du facteur de couplage (essai spécial) | 169 |
| 8.9.19 | Essai de surtension d'enroulement humide (essai spécial) | 170 |
| 8.9.20 | Essai de tension de tenue alternative par source séparée humide (essai spécial) | 170 |
| 8.9.21 | Mesure de la réactance de l'enroulement dans le cas de bobines d'inductance à entrefer et de bobines dans l'air avec blindage magnétique (essai spécial) | 170 |
| 8.10 | Tolérances | 170 |
| 8.10.1 | Tolérance sur les impédances des bobines d'inductance sans compensation pour couplage mutuel..... | 170 |
| 8.10.2 | Tolérance sur les impédances des bobines d'inductance avec compensation pour couplage mutuel..... | 171 |
| 8.10.3 | Tolérance sur les pertes | 171 |
| 9 | Bobines d'inductance de décharge, d'amortissement et de filtrage associées aux condensateurs | 171 |
| 9.1 | Généralités..... | 171 |
| 9.2 | Conception | 172 |
| 9.3 | Termes et définitions | 172 |
| 9.4 | Caractéristiques assignées | 174 |
| 9.4.1 | Courant à fréquence industrielle assigné | 174 |
| 9.4.2 | Spectre du courant assigné | 175 |
| 9.4.3 | Courant d'appel assigné | 175 |
| 9.4.4 | Fréquence d'appel assignée | 175 |
| 9.4.5 | Courant de décharge assigné | 175 |
| 9.4.6 | Fréquence de décharge assignée | 175 |
| 9.4.7 | Courant de court-circuit thermique assigné..... | 175 |
| 9.4.8 | Durée du courant de court-circuit thermique assigné | 176 |
| 9.4.9 | Courant de court-circuit mécanique assigné | 176 |
| 9.4.10 | Inductance assignée..... | 176 |
| 9.4.11 | Facteur de qualité..... | 177 |
| 9.5 | Aptitude à résister au courant de court-circuit thermique et mécanique assignés..... | 177 |
| 9.6 | Capacité à résister au courant d'appel ou de décharge | 177 |
| 9.7 | Echauffement | 177 |
| 9.7.1 | Echauffement au courant équivalent à la fréquence industrielle..... | 177 |
| 9.7.2 | Température due à la charge du courant de court-circuit thermique assigné..... | 178 |
| 9.8 | Niveau d'isolement..... | 178 |
| 9.8.1 | Généralités..... | 178 |
| 9.8.2 | Exigences relativement à l'isolement | 178 |
| 9.9 | Plaques signalétiques | 178 |
| 9.10 | Essais | 179 |
| 9.10.1 | Généralités | 179 |
| 9.10.2 | Essais individuels de série | 179 |
| 9.10.3 | Essais de type..... | 179 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 9.10.4 | Essais spéciaux | 179 |
| 9.10.5 | Mesure de l'inductance (essai individuel de série, essai de type) | 180 |
| 9.10.6 | Mesure des pertes et facteur de qualité (essai individuel de série, essai de type)..... | 180 |
| 9.10.7 | Essai de surtension d'enroulement (essai individuel de série) | 181 |
| 9.10.8 | Essai d'échauffement au courant permanent assigné (essai de type) | 181 |
| 9.10.9 | Essai au choc de foudre (essai de type) | 182 |
| 9.10.10 | Essai au courant de court-circuit (essai spécial)..... | 182 |
| 9.10.11 | Mesure du niveau de bruit avec le courant permanent assigné (essai spécial)..... | 183 |
| 9.10.12 | Essai de tension de tenue alternative par source séparée (essai spécial) | 184 |
| 9.10.13 | Essai de tenue au courant d'appel (essai spécial) | 184 |
| 9.10.14 | Essai au courant de décharge (essai spécial)..... | 184 |
| 9.10.15 | Essai au courant de décharge / au courant de court-circuit modifié (essai spécial)..... | 185 |
| 9.10.16 | Essai de résonance mécanique (essai spécial)..... | 185 |
| 9.11 | Tolérances | 185 |
| 9.11.1 | Tolérance concernant l'inductance assignée..... | 185 |
| 9.11.2 | Tolérance concernant les pertes et le facteur de qualité mesurés | 185 |
| 10 | Transformateurs de mise à la terre (connecteurs de neutre)..... | 185 |
| 10.1 | Généralités..... | 185 |
| 10.2 | Conception | 186 |
| 10.3 | Termes et définitions | 186 |
| 10.4 | Caractéristiques assignées | 188 |
| 10.4.1 | Tension assignée | 188 |
| 10.4.2 | Tension maximale de service..... | 188 |
| 10.4.3 | Impédance homopolaire assignée..... | 188 |
| 10.4.4 | Courant de neutre permanent assigné | 189 |
| 10.4.5 | Courant de neutre de courte durée assigné | 189 |
| 10.4.6 | Durée du courant de neutre de courte durée assigné..... | 189 |
| 10.4.7 | Tension assignée de l'enroulement secondaire..... | 189 |
| 10.4.8 | Caractéristiques assignées supplémentaires pour la combinaison d'un transformateur de mise à la terre et d'une bobine d'inductance d'extinction d'arc | 190 |
| 10.5 | Capacité de tenue au courant de neutre de courte durée assigné..... | 190 |
| 10.6 | Echauffement | 190 |
| 10.6.1 | Echauffement à la tension assignée, au courant de neutre permanent assigné et à la puissance assignée de l'enroulement secondaire..... | 190 |
| 10.6.2 | Température à l'issue de la charge du courant de neutre de courte durée assigné..... | 190 |
| 10.7 | Niveau d'isolement..... | 191 |
| 10.8 | Plaques signalétiques | 191 |
| 10.9 | Essais | 192 |
| 10.9.1 | Généralités | 192 |
| 10.9.2 | Essais individuels de série | 192 |
| 10.9.3 | Essais de type..... | 192 |
| 10.9.4 | Essais spéciaux | 193 |
| 10.9.5 | Mesure de l'impédance homopolaire (essai individuel de série)..... | 193 |
| 10.9.6 | Essai d'échauffement (essai de type) | 193 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 10.9.7 | Essais diélectriques (essai individuel de série, essai de type) | 194 |
| 10.9.8 | Démonstration de l'aptitude à résister au courant de neutre de courte durée assigné (essai spécial) | 195 |
| 10.9.9 | Mesure des pertes au courant de neutre permanent assigné (essai spécial) | 195 |
| 10.9.10 | Mesure du courant de neutre avec excitation triphasée dans la condition de défaut monophasée (essai de type) | 196 |
| 10.10 | Tolérances | 196 |
| 11 | Bobines d'inductance d'extinction d'arc | 196 |
| 11.1 | Généralités | 196 |
| 11.2 | Conception | 197 |
| 11.3 | Termes et définitions | 197 |
| 11.4 | Caractéristiques assignées | 198 |
| 11.4.1 | Tension assignée | 198 |
| 11.4.2 | Tension permanente maximale | 198 |
| 11.4.3 | Courant assigné | 198 |
| 11.4.4 | Durée du courant assigné | 198 |
| 11.4.5 | Plage de réglage | 198 |
| 11.4.6 | Enroulement auxiliaire | 199 |
| 11.4.7 | Enroulement secondaire | 199 |
| 11.4.8 | Linéarité des bobines d'inductance d'extinction d'arc | 199 |
| 11.5 | Echauffement | 199 |
| 11.6 | Niveau d'isolement | 199 |
| 11.7 | Plaques signalétiques | 199 |
| 11.8 | Essais | 200 |
| 11.8.1 | Généralités | 200 |
| 11.8.2 | Essais individuels de série | 200 |
| 11.8.3 | Essais de type | 201 |
| 11.8.4 | Essais spéciaux | 201 |
| 11.8.5 | Mesure du courant à tension assignée (essai de type), mesure du courant (essai individuel de série) | 201 |
| 11.8.6 | Mesure de la tension à vide des enroulements auxiliaire et secondaire (essai individuel de série) | 201 |
| 11.8.7 | Essai d'échauffement (essai de type) | 201 |
| 11.8.8 | Essais diélectriques (essai individuel de série, essai de type) | 202 |
| 11.8.9 | Mesure des pertes (essai spécial) | 202 |
| 11.8.10 | Mesure de la linéarité (essai spécial) | 203 |
| 11.8.11 | Mesure du niveau de bruit (essai spécial) | 203 |
| 11.8.12 | Essais d'endurance du mécanisme de régulation de l'inductance (essai spécial) | 203 |
| 11.8.13 | Démonstration de la capacité à résister aux effets dynamiques du courant assigné (essai spécial) | 203 |
| 11.9 | Tolérances | 204 |
| 12 | Bobines d'inductance de lissage | 204 |
| 12.1 | Généralités | 204 |
| 12.2 | Conception | 204 |
| 12.3 | Termes et définitions | 204 |
| 12.4 | Caractéristiques assignées | 205 |
| 12.4.1 | Tension assignée | 205 |
| 12.4.2 | Tension maximale de service | 206 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 12.4.3 | Courant continu permanent assigné..... | 206 |
| 12.4.4 | Spectre du courant permanent assigné..... | 206 |
| 12.4.5 | Courant de surcharge de courte durée, spectre du courant et durée ou cycle de fonctionnement du courant..... | 206 |
| 12.4.6 | Courant de défaut transitoire assigné | 206 |
| 12.4.7 | Inductance différentielle assignée..... | 206 |
| 12.4.8 | Linéarité de la bobine d'inductance de lissage..... | 206 |
| 12.4.9 | Exigences supplémentaires pour les bobines d'inductance avec enroulements directement refroidis par un liquide..... | 207 |
| 12.5 | Echauffement..... | 207 |
| 12.6 | Niveaux d'isolement | 207 |
| 12.6.1 | Niveaux de choc de foudre | 207 |
| 12.6.2 | Niveaux de choc de manœuvre..... | 207 |
| 12.6.3 | Niveau de tension de tenue continue par source séparée | 207 |
| 12.6.4 | Niveau de tension de tenue à l'inversion de polarité | 207 |
| 12.6.5 | Niveau de tension de tenue alternative par source séparée | 208 |
| 12.7 | Plaques signalétiques | 208 |
| 12.8 | Essais | 209 |
| 12.8.1 | Généralités | 209 |
| 12.8.2 | Essais individuels de série | 209 |
| 12.8.3 | Essai de type | 209 |
| 12.8.4 | Essais spéciaux | 209 |
| 12.8.5 | Mesure de l'inductance différentielle (essai individuel de série)..... | 210 |
| 12.8.6 | Mesure de la perte de courant harmonique et calcul de la perte totale (essai individuel de série)..... | 211 |
| 12.8.7 | Essai de tension de tenue alternative par source séparée (essai individuel de série)..... | 211 |
| 12.8.8 | Essai de tension de tenue continue par source séparée pour bobines d'inductance immergées dans un liquide (essai individuel de série)..... | 212 |
| 12.8.9 | Essai de tenue à l'inversion de polarité pour les bobines d'inductance immergées dans un liquide (essai individuel de série)..... | 212 |
| 12.8.10 | Essai de choc de foudre (essai individuel de série) | 213 |
| 12.8.11 | Essai au choc de manœuvre (essai individuel de série, essai de type) | 214 |
| 12.8.12 | Essai de tension de tenue continue par source séparée humide pour les bobines d'inductance de type sec (essai de type) | 214 |
| 12.8.13 | Essai d'échauffement (essai de type) | 214 |
| 12.8.14 | Mesure du niveau de bruit (essai spécial)..... | 215 |
| 12.8.15 | Mesure de l'impédance à haute fréquence (essai spécial)..... | 216 |
| 12.8.16 | Essai d'étanchéité du circuit de refroidissement par liquide pour les bobines d'inductance dont les enroulements sont refroidis directement par un liquide (essai individuel de série) | 216 |
| 12.8.17 | Mesure de la chute de pression pour les bobines d'inductance dont les enroulements sont directement refroidis par un liquide (essai de type) | 217 |
| 12.8.18 | Essai au courant de défaut transitoire (essai spécial)..... | 217 |
| 12.8.19 | Essai au choc d'onde coupée pour les bobines d'inductance immergées dans un liquide (essai spécial) | 218 |
| 12.9 | Tolérances | 218 |

| | |
|--|---------|
| Annexe A (informative) Informations concernant la manoeuvre des bobines d'inductance shunt et les applications spéciales | 219 |
| Annexe B (informative) Caractéristiques magnétiques des bobines d'inductance | 222 |
| Annexe C (informative) Réactance mutuelle, facteur de couplage et réactances équivalentes des bobines d'inductance triphasées | 230 |
| Annexe D (informative) Correction de température des pertes pour les bobines d'inductance à entrefer et les bobines dans l'air avec blindage magnétique immergées dans un liquide | 233 |
| Annexe E (normative) Essai de surtension entre spires pour les bobines d'inductance de type sec | 235 |
| Annexe F (informative) Essai de court-circuit | 237 |
| Annexe G (informative) Résistances – Caractéristiques, spécification et essais | 239 |
| Bibliographie | 242 |
| Figure 1 – Types de caractéristiques magnétiques des bobines d'inductance | 132 |
| Figure 2 – Paramètres pour la caractéristique magnétique non-linéaire | 133 |
| Figure 3 – Mesure de la réactance mutuelle pour les bobines d'inductance triphasées ou les bancs de trois bobines d'inductance monophasées | 145 |
| Figure 4 – Circuit d'essai phase-terre pour excitation monophasée | 148 |
| Figure 5 – Circuit d'essai entre phases pour excitation monophasée | 148 |
| Figure 6 – Circuit d'excitation monophasé pour bobines d'inductance avec blindage magnétique pour flux homopolaire | 148 |
| Figure 7 – Mesure de la réactance mutuelle pour les bobines d'inductance triphasées ou les bancs de trois bobines d'inductance monophasées | 170 |
| Figure 8 – Circuit d'essai de défaut monophasé avec neutre à la terre | 196 |
| Figure 9 – Circuit d'essai de défaut monophasé avec alimentation de tension à la terre | 196 |
| Figure 10 – Circuit de mesure pour déterminer l'inductance différentielle de deux bobines d'inductance de lissage identiques | 210 |
| Figure 11 – Profil de tension pour l'essai d'inversion double | 213 |
| Figure B.1 – Illustration de la forme d'onde du flux embrassé et du courant avec une tension sinusoïdale appliquée à une bobine d'inductance avec une caractéristique magnétique non-linéaire conformément à la Figure B.6 | 223 |
| Figure B.2 – Circuit pour la mesure de la caractéristique magnétique selon le paragraphe B.7.1 | 226 |
| Figure B.3 – Circuit équivalent avec la bobine d'inductance court-circuitée | 226 |
| Figure B.4 – Courbes mesurées d'un courant de charge et décharge continu de bobines d'inductance | 228 |
| Figure B.5 – Flux embrassé calculé au cours de la période de décharge (voir équations B7 et B9) | 229 |
| Figure B.6 – Caractéristique magnétique | 229 |
| Figure C.1 – Schéma équivalent d'une bobine d'induction triphasée comprenant le couplage magnétique entre phases | 230 |
| Figure E.1 – Circuit d'essai pour essai de surtension entre spires et oscillogrammes d'échantillon | 236 |
| Tableau 1 – Limites de température pour les bornes des enroulements des bobines d'inductance de type sec | 137 |

| | |
|---|-----|
| Tableau 2 – Tolérances | 196 |
| Tableau 3 – Tolérances | 204 |
| Tableau C.1 – Réactance et rapport de flux pour les bobines d'inductance avec couplage magnétique uniforme | 231 |
| Tableau C.2 – Valeurs de couplage des bobines d'inductance avec couplage magnétique non uniforme | 232 |

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE –

Partie 6: Bobines d'inductance

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 60076 a été établie par le comité d'études 14 de la CEI: Transformateurs de puissance.

Cette première édition de la CEI 60076-6 annule et remplace la seconde édition de la CEI 60289 parue en 1988. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- extension importante des articles «Définitions», «Caractéristiques» et «Essais»,
- distinction plus marquée entre définition et caractéristique,
- les articles «essais» prennent en compte les dernières révisions des normes CEI 60076 correspondantes,
- l'essai diélectrique des bobines d'inductance est maintenant conforme à l'essai diélectrique du transformateur selon la CEI 60076-3:2000,

- distinction conséquente entre bobine d'inductance immergée dans l'huile et de type sec,
- le document propose une manipulation plus facile et est plus indépendant que la CEI 60289,
- introduction de la bobine d'inductance de décharge comme une partie de l'Article 9,
- introduction de l'essai de surtension entre spires pour les bobines d'inductance de type sec (Annexe E),
- informations de base importantes données dans quatre nouvelles annexes informatives récemment introduites
 - ANNEXE A (informative) – Informations concernant la manœuvre des bobines d'inductance shunt et les applications spéciales
 - ANNEXE B (informative) – Caractéristiques magnétiques des bobines d'inductance
 - ANNEXE C (informative) – Réactance mutuelle, coefficient de couplage et réactances équivalentes des bobines d'inductance triphasées
 - ANNEXE D (informative) – Correction de température des pertes pour les bobines d'inductance à entrefer et les bobines dans l'air avec blindage magnétique immergées dans un liquide
 - ANNEXE F (informative) – Essai de court-circuit
 - ANNEXE G (informative) – Résistances – Caractéristiques, spécifications, essais

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

| CDV | Rapport de vote |
|------------|-----------------|
| 14/538/CDV | 14/547A/RVC |

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60076, présentées sous le titre général Transformateurs de puissance, peut être consultée sur le site web de la CEI.

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

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

La CEI remercie l'Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (IEEE) de lui avoir donné l'autorisation de reproduire les informations tirées de la norme IEEE C57.21-1990, 10.3.3.2 et 10.7 et de la norme IEEE C57.16-1996, 11.6. IEEE, New York, NY, USA détient les droits de reproduction pour tous ces extraits. Droits de reproduction réservés. Des informations complémentaires sur IEEE sont données à l'adresse suivante <http://www.ieee.org>. IEEE n'est en aucune façon responsable de la manière dont ces extraits et leur contenu sont reproduits par la CEI ni du contexte dans lequel ils sont utilisés; IEEE n'est pas non plus responsable du reste du contenu et de sa précision.

INTRODUCTION

La présente partie de la CEI 60076 est destinée à servir de base pour la spécification et les essais des types de bobines d'inductance indiqués dans le domaine d'application. Ce document donne également des informations importantes concernant certaines applications de bobines d'inductance pour aider lors de l'établissement de spécifications sur les bobines d'inductance.

A chaque fois que cela a été possible, il a été fait référence aux articles techniques des autres parties de la CEI 60076 qui sont applicables aux transformateurs de puissance. Cependant, comme il existe des différences fondamentales avec les transformateurs, des considérations particulières s'appliquent à la spécification, aux essais et à l'application des bobines d'inductance. Elles sont incluses dans la présente partie de la CEI 60076.

Les Articles 1 à 6 constituent les parties générales de la présente partie de la CEI 60076 qui s'appliquent à tous les types de bobine d'inductance. Les Articles 7 à 12 traitent chacun d'un type de bobine d'inductance. Généralement, un seul des Articles 7 à 12 s'appliquera à une bobine d'inductance particulière.

La présente partie de la CEI 60076 possède plus d'une section de définitions. Les définitions générales données à l'Article 3 s'appliquent à l'ensemble de la présente partie de la CEI 60076. Chacun des Articles 7 à 12 qui traite d'un type particulier de bobine d'inductance comprend un paragraphe de définitions propre qui ne s'applique qu'à lui.

Les Articles 7 à 12 ont une structure uniforme. Dans cette structure, le paragraphe « caractéristiques assignées » présente les informations minimum qu'un acheteur doit fournir avec une spécification sur les bobines d'inductance. Le paragraphe « essais » de chaque Article définit les essais pertinents qui peuvent être appliqués au type de bobine d'inductance concerné et elle peut contenir des éléments supplémentaires qui doivent faire l'objet d'un accord au moment de la commande.

Les Annexes A, B, C, D, F et G donnent des informations supplémentaires pour certaines applications de bobines d'inductance et leurs essais. L'Annexe E décrit l'essai diélectrique entre spires.

La présente partie de la CEI 60076 couvre à la fois les bobines d'inductance de type sec et celles de type immergé dans un liquide et lorsque des paragraphes ou des articles ne s'appliquent qu'à un seul de ces types, ceci est clairement indiqué.

Lorsque cela était possible, les exigences du présent document ont été harmonisées avec celles de la norme IEEE équivalente.

TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE –

Partie 6: Bobines d'inductance

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60076 s'applique aux types de bobines d'inductance suivants:

- bobines d'inductance shunt;
- bobines d'inductance série y compris les bobines d'inductance de limitation du courant, de mise à la terre du neutre, de commande de flux d'énergie, de démarrage des moteurs et les bobines d'inductance pour les fours à arc;
- bobines d'inductance de filtrage (d'accord);
- bobines d'inductance d'amortissement de condensateur;
- bobines d'inductance de décharge de condensateur;
- transformateurs de mise à la terre (connecteurs de neutre);
- bobines d'inductance d'extinction d'arc;
- bobines d'inductance de lissage pour application CCHT et industrielle;

à l'exception des bobines d'inductance suivantes:

- bobines d'inductance de puissance inférieure à 1 kvar en monophasé et à 5 kvar en triphasé;
- bobines d'inductance de type spécial telles que les bobines pour circuits bouchons à haute fréquence ou celles montées sur les matériels roulants.

En l'absence de norme CEI pour des bobines d'inductance de petite taille ou de type spécial, la présente partie de la CEI 60076 peut être applicable en partie ou en totalité.

2 Références normatives

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

CEI 60060-1:1989, *Techniques d'essais à haute tension – Partie 1: Définitions et prescriptions générales*

CEI 60076-1:1993, *Transformateurs de puissance – Partie 1: Généralités*
Amendement 1 (1999)

CEI 60076-2:1997, *Transformateurs de puissance – Partie 2: Echauffement*

CEI 60076-3:2000, *Transformateurs de puissance – Partie 3: Niveaux d'isolement, essais diélectriques et distances d'isolement dans l'air*

CEI 60076-4:2002, *Transformateurs de puissance – Partie 4: Guide pour les essais au choc de foudre et au choc de manœuvre – Transformateurs de puissance et bobines d'inductance*

CEI 60076-5:2006, *Transformateurs de puissance – Partie 5: Tenue au court-circuit*

CEI 60076-7:2005, *Transformateurs de puissance – Partie 7: Guide de charge pour transformateurs immergés dans l'huile*

CEI 60076-8:1997, *Transformateurs de puissance – Partie 8: Guide d'application*

CEI 60076-10:2005, *Transformateurs de puissance – Partie 10: Détermination des niveaux de bruit*

CEI 60076-11:2004, *Transformateurs de puissance – Partie 11: Transformateurs de type sec*

CEI 60137, *Traversées isolées pour tensions alternatives supérieures à 1 000 V*

CEI 60270, *Techniques des essais à haute tension – Mesures des décharges partielles*

CEI 60721-2-6, *Classification des conditions d'environnement – Partie 2: Conditions d'environnement présentes dans la nature. Vibrations et chocs sismiques*

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

CEI 60905:1987, *Guide de charge pour transformateurs de puissance du type sec*

CEI 60943:1998, *Guide concernant l'échauffement admissible des parties des matériels électriques, en particulier les bornes de raccordement*