

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Power transformers –

Part 22-7: Power transformer and reactor fittings – Accessories and fittings

Transformateurs de puissance –

Partie 22-7: Transformateur de puissance et bobines d'inductance – Accessoires et équipements

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60076-22-7:2020



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2020 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Power transformers –

Part 22-7: Power transformer and reactor fittings – Accessories and fittings

Transformateurs de puissance –

Partie 22-7: Transformateur de puissance et bobines d'inductance – Accessoires et équipements

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.180

ISBN 978-2-8322-8284-7

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

CONTENTS

FOREWORD	6
1 Scope	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	9
4 Service conditions	10
4.1 General	10
4.2 Corrosion protection	10
4.3 Resistance to ambient conditions	10
4.4 Insulating liquid characteristics	10
5 General requirements for routine and type test	10
6 Accessories and fittings	10
6.1 Thermometer pockets	10
6.1.1 General	10
6.1.2 Identification and nameplate	11
6.1.3 Test	11
6.1.4 Dimensions of thermometer pockets	11
6.2 Earthing terminal	12
6.2.1 General	12
6.2.2 Dimensions of different earth terminals	12
6.3 Draining plug	15
6.3.1 General	15
6.3.2 Materials	15
6.3.3 Dimensions of different devices	15
6.4 Air vent and liquid draining device	17
6.4.1 General	17
6.4.2 Materials	17
6.4.3 Dimensions of different devices	18
6.5 Wheel assembly – General requirements	18
6.6 Dehydrating breathers	18
6.6.1 General	18
6.6.2 Common requirements	19
6.6.3 Additional requirements for conventional manual replacement types	19
6.6.4 Additional aspects for self-regenerating types	22
6.6.5 Tests	25
6.7 Butterfly valves	26
6.7.1 General	26
6.7.2 Requirements and characteristics	26
6.7.3 Valve components	26
6.7.4 Assembly arrangements and dimensions	27
6.7.5 Performances	28
6.7.6 Tests	29
6.7.7 Supply conditions	30
6.8 Junction terminal boxes	30
6.8.1 General	30
6.8.2 Degree of protection	30
6.8.3 Function of the junction terminal box	30

6.8.4	General construction	30
6.8.5	Overall dimensions	31
6.8.6	Preferred functional and manufacturing characteristics of the box.....	31
6.8.7	Preferred functional and manufacturing characteristics of the terminals	31
6.8.8	Performance	31
6.8.9	Tests	32
6.9	Sampling device	33
6.9.1	General	33
6.9.2	Requirements and characteristics	33
6.9.3	Tests	35
Annex A (informative)	Earthing pad current capacity calculation	37
A.1	Theory	37
A.2	Application to earthing pads.....	38
Annex B (informative)	Wheel assembly	40
B.1	Introduction to wheel selection	40
B.2	Theory of contact	40
B.2.1	Maximum load	40
B.2.2	Traction force	41
B.3	Wheel dimensions and gauges.....	42
B.3.1	Pitch and gauge.....	42
B.3.2	Non-flanged wheel.....	42
B.3.3	Flanged wheel	44
Annex C (informative)	Sizing of conventional types of dehydrating breather – Guide for calculation of breather size	50
Annex D (normative)	Butterfly valve types	52
D.1	Butterfly valve types A1, A2 and A3 assembled by welding on tank wall.....	52
D.2	Butterfly valve types B1 and B3 assembled between tank wall and pipeline and on pipeline	54
D.3	Butterfly valves types C1 and C2 assembled on pipeline.....	57
Annex E (normative)	Gaskets and gasket seats	60
E.1	General.....	60
E.2	Gasket seats and gaskets for butterfly valve types A1, A2, A3, C1 and C2.....	60
E.3	Gasket seats and gaskets for butterfly valve types B1 and B2.....	61
Annex F (informative)	Terminal boxes – Preferred mounting dimensions.....	62
Bibliography.....		63
Figure 1	– Thermometer pocket with female (left) and male (right) thread	11
Figure 2	– Earth terminal type B1.....	13
Figure 3	– Earth terminal type B2.....	13
Figure 4	– Earth terminal type B3.....	13
Figure 5	– Earth terminal type B4.....	14
Figure 6	– Earth terminal type B5.....	14
Figure 7	– Earth terminal type B6.....	14
Figure 8	– Earth terminal type B7.....	15
Figure 9	– Draining plug type C1 (bolted type)	16
Figure 10	– Draining plug type C2.....	16
Figure 11	– Draining device type C3	17

Figure 12 – Air venting and liquid draining type D1 (M6) and D2 (M12)	18
Figure 13 – Breather connecting flanges	20
Figure 14 – Overall dimensions	21
Figure 15 – Sampling device NF C 52-132	34
Figure 16 – Sampling device DIN 42568	35
Figure B.1 – Contact surface between a wheel and a plane	40
Figure B.2 – Traction force	41
Figure B.3 – Pitch and gauge	42
Figure B.4 – Non-flanged wheel assembly type W1	43
Figure B.5 – Wheel assembly type W1, top view of longitudinal and cross pitch	43
Figure B.6 – Vignole type rail profile	44
Figure B.7 – Burbach rail profile	45
Figure B.8 – Wheel and rail positions	45
Figure B.9 – Single wheel flanged type W2	46
Figure B.10 – Example of round shape wheel profile	46
Figure B.11 – Double wheel flanged type W3	47
Figure B.12 – Cross side track	47
Figure B.13 – Single side track	48
Figure B.14 – Concentric double tracks	48
Figure B.15 – Parallel double tracks	49
Figure D.1 – Assembly layout of butterfly valves, type A1, A2 and A3	52
Figure D.2 – Butterfly valves, type A1, A2 and A3	53
Figure D.3 – Assembly layout of butterfly valves type B1 and B2 between tank wall and pipeline	54
Figure D.4 – Assembly layout of butterfly valves type B1 and B2 on pipeline	54
Figure D.5 – Butterfly valves, type B1	55
Figure D.6 – Butterfly valves, type B2	56
Figure D.7 – Assembly layout of butterfly valves type C1 and C2 on pipeline	57
Figure D.8 – Butterfly valves, type C1	58
Figure D.9 – Butterfly valves, type C2	59
Figure F.1 – Dimensions of terminal boxes size A, B, C and D	62
Table 1 – Preferred dimensions for thermometer pockets	12
Table 2 – Maximum current for earth terminals	15
Table 3 – Dimensions of draining plug type C2	17
Table 4 – Typical size classes of breathers	21
Table 5 – Making and breaking capacity – Self regenerating breather	24
Table 6 – Dielectric strength of switches – Power frequency	24
Table 7 – Dielectric strength of switches – Impulse	24
Table 8 – Maximum admissible leakage value	29
Table 9 – Dimensions of sampling device in Figure 15	34
Table 10 – Dimensions of sampling device in Figure 16	35
Table A.1 – Material data for current capacity calculation	39

Table A.2 – Maximum permissible current for standard earthing pads, during 0,5 s.....	39
Table B.1 – W1 wheel assembly dimensions.....	43
Table B.2 – Wheel W1 pitches	44
Table B.3 – Rail resting surface	45
Table B.4 – Flanged single wheel dimensions.....	46
Table B.5 – Flanged double wheel dimensions.....	47
Table B.6 – Rail gauge for cross side track	48
Table B.7 – Rail gauges for single track.....	48
Table B.8 – Rail gauges for concentric tracks	49
Table B.9 – Rail gauges for parallel tracks	49
Table C.1 – Mass of water, in grams, contained in one cubic metre of air	51
Table D.1 – Dimensions of butterfly valves, types A1, A2 and A3.....	53
Table D.2 – Dimensions of butterfly valves, type B1.....	55
Table D.3 – Dimensions of butterfly valves, type B2.....	56
Table D.4 – Dimensions of butterfly valves type C1	58
Table D.5 – Dimensions of butterfly valves, type C2	59
Table E.1 – Gasket seat dimensions and gasket types and dimensions for butterfly valves types A1, A2, A3, C1 and C2.....	60
Table E.2 – Gasket seats dimensions and gasket types and dimensions for butterfly valves types B1 and B2.....	61
Table F.1 – Dimensions of terminal boxes size A, B, C and D	62

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

POWER TRANSFORMERS –**Part 22-7: Power transformer and reactor fittings –
Accessories and fittings****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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 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 60076-22-7 has been prepared by IEC technical committee 14: Power transformers.

The text of this International Standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
14/1044/FDIS	14/1048/RVD

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

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

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

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60076-22-7:2020

POWER TRANSFORMERS –

Part 22-7: Power transformer and reactor fittings – Accessories and fittings

1 Scope

This part of IEC 60076-22 applies to a selection of accessories and fittings mounted on liquid immersed power transformers according to IEC 60076-1 and reactors according to IEC 60076-6 with or without conservator for indoor or outdoor installation. It outlines the service conditions and the mechanical requirements that are common to all the accessories and fittings.

This document also outlines the operation requirements specific to each device as well as the preferred dimensions relevant for interchangeability and the type and routine test to be performed.

This document covers an exhaustive selection of the accessories and fittings that are currently used on transformers or reactors.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements 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 60068-3-3:2019, *Environmental testing – Part 3-3: Supporting documentation and guidance – Seismic test methods for equipment*

IEC 60068-3-3:1991, *Environmental testing – Part 3-3: Guidance – Seismic test methods for equipments*

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

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

IEC 60296, *Fluids for electrotechnical applications – Unused mineral insulating oils for transformers and switchgear*

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

IEC 60721-3-4, *Classification of environmental conditions – Part 3-4: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Stationary use at non-weatherprotected locations*

IEC 60255-27, *Measuring relays and protection equipment – Part 27: Product safety requirements*

ISO 3601-1, *Fluid power systems – O-rings – Part 1: Inside diameters, cross-sections, tolerances and designation codes*

ISO 7005-1, *Pipe flanges – Part 1: Steel flanges for industrial and general service piping systems*

ISO 12944-6, *Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Part 6: Laboratory performance test methods*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

3.1

thermometer pocket

facility mounted on the transformer or reactor cover or pipework or any liquid filled compartment, intended to house a thermal sensor to measure the insulating liquid temperature

3.2

earthing terminal

terminal provided on the transformer or reactor tank or cooler support structure or any other part that needs to be grounded and intended for the electric connection with the earthing network

3.3

draining plug

facility intended to drain the insulating liquid from liquid filled compartments

3.4

air vent

facility for venting the air or gas trapped within the transformer tank and pipework

3.5

wheel assembly

device suitable for movement of the transformer in different directions using rails

3.6

dehydrating breather

device linking the air space at the top of the tank of a liquid immersed transformer with the outside air to absorb the humidity of the breathed air

3.7

butterfly valve

device designed to isolate any component or accessory mounted on the transformer liquid system

3.8

junction terminal box

device designed to make low-voltage, low-current, insulated and liquid-tight electrical connections between the inside and outside of a liquid filled compartment

3.9

sampling valve

device used to take samples of the insulating liquid

4 Service conditions

4.1 General

The service conditions set out in IEC 60076-1:2011, 4.2 represent the normal scope of operation of the accessories and fittings specified in this document.

For any unusual service conditions that require special consideration in the design of the devices and equipment, see IEC 60076-1:2011, 5.5. Device specification for operation under such unusual service conditions shall be subject to agreement between the purchaser and manufacturer.

4.2 Corrosion protection

The materials used for the construction of the accessories and fittings or the surface treatment shall be resistant to the insulating liquid and suitable to withstand the environmental conditions. Unless otherwise specified, minimum withstand level of the parts exposed to the environment shall be C4 medium durability according to ISO 12944-6.

Parts intended to be welded and earthing pads shall not be painted.

Unless otherwise specified, screws exposed to the environment shall be stainless steel, consistent with the minimum corrosion class C4 medium durability.

4.3 Resistance to ambient conditions

The materials used for the construction of the accessories and fittings shall be UV resistant; windows and sight glasses shall not become opaque over the life of the accessory.

4.4 Insulating liquid characteristics

This Subclause 4.4 concerns only the accessories and fittings that are in contact with the insulating liquid.

If not otherwise specified, the insulating liquid is a mineral liquid according to IEC 60296 and the operating temperature shall be in accordance with IEC 60076-7.

If the insulating liquid is not a mineral liquid then the purchaser shall indicate the operating temperature.

5 General requirements for routine and type test

Unless otherwise specified, tests shall be made at an ambient temperature between 10 °C and 40 °C.

All measuring instruments used for the tests shall have traceable accuracy and be subject to periodic calibration.

6 Accessories and fittings

6.1 Thermometer pockets

6.1.1 General

The thermometer pocket shall provide at all times a separation between the insulating liquid and the sensor; the thermometer pocket shall be designed to withstand the vacuum and pressure tests defined by IEC 60076-1:2011, 11.8, 11.9, 11.10 and 11.11, for transformer tanks.

When the thermometer pocket is not in use, the opening shall be plugged to avoid contamination by moisture, dust and any other undesired particles.

The thermometer pocket shall be designed to avoid damage to the thermometer pocket or to the temperature sensing equipment due to the thermal expansion of the heat transfer medium.

There shall be good thermal transfer of the thermometer pocket material and the filling medium.

6.1.2 Identification and nameplate

No requirement.

6.1.3 Test

The thermometer pocket is not tested individually, but as a component of the transformer or reactor during type or routine testing.

6.1.4 Dimensions of thermometer pockets

Figure 1 and Table 1 give the preferred solutions for thermometer pockets.

The protective plug or cap is not specified by this document.

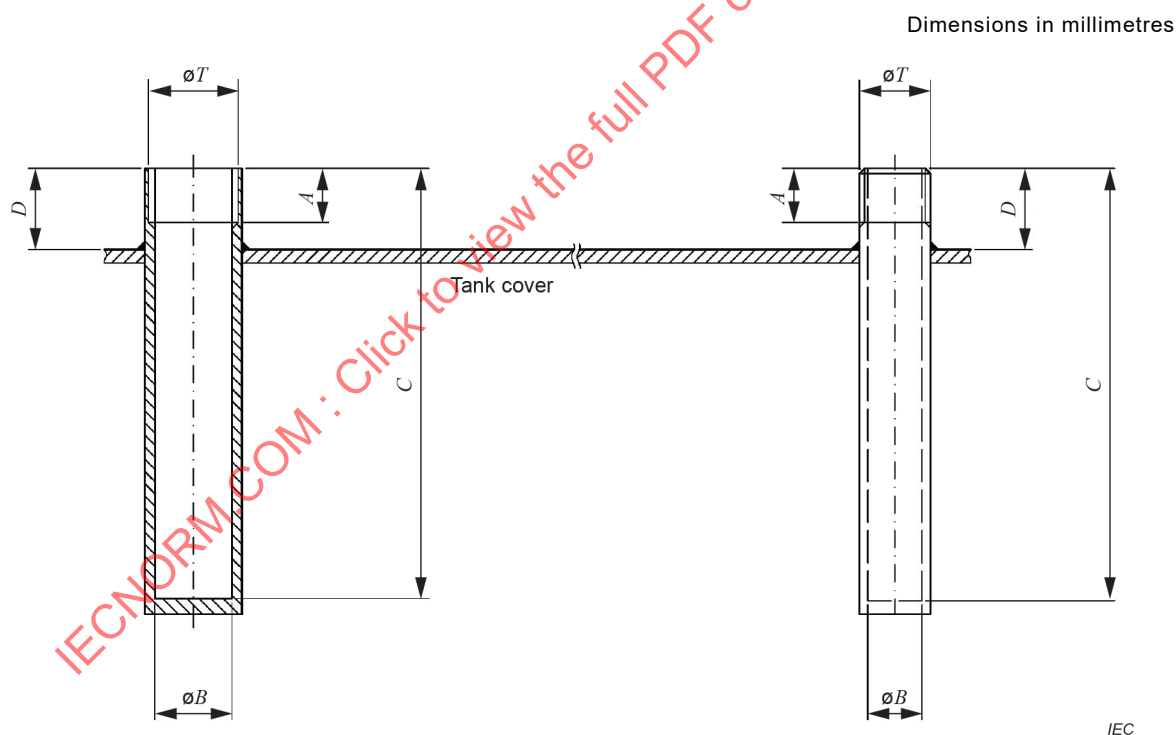


Figure 1 – Thermometer pocket with female (left) and male (right) thread

Table 1 – Preferred dimensions for thermometer pockets

Dimensions in millimetres

Thermometer pockets with	Type	<i>A</i> min	<i>B</i> min	<i>B</i> max	<i>C</i> min	<i>D</i> max	Thread Ø <i>T</i>
Female thread	A1	20	20		165	30	G1
	F	17	16		155	30	M22 × 1,5
	U	13	12,4	12,5	166	30	M22 × 1,5
Male thread	A2	20	20		120	30	G ¾

6.2 Earthing terminal

6.2.1 General

Earthing terminals shall be stainless steel grade 304L minimum and positioned clear of ground level. The pad shall be selected to withstand the maximum prospective earth fault currents. Prior to connection to earth, any non-conductive coating shall be removed at threads, contact points, and contact surfaces.

The terminal shall be identified by the letter "E" either on the terminal itself or on its vicinity.

For the calculation of the maximum current of the earthing pads shown in Table 2, the cross section of the earthing element is used; the welding on the tank is considered to have a minimum cross section equivalent to the cross section of the pad. For earth terminal B7, a 5 mm welding seam along the complete circumference is considered. For a stud type earthing element, the core thread is used.

The terminal shall ensure electrical continuity with the transformer tank.

The welding materials and methods for connecting the pads to the tank shall be capable of withstanding the maximum temperatures indicated in Table A.1 for each type of pad without detriment.

The maximum current values detailed in Table 2 are related only to the earthing pad and its connection to the tank; earthing connections to the pad should be suitably rated to match these values.

Table 2 shows the short-circuit current carrying capacity of the earth terminals. Table 2 is based on an initial temperature of 40 °C and a final temperature of 300 °C and a short circuit duration of 0,5 s, considering that the transformer protections will trip the current earlier than this value.

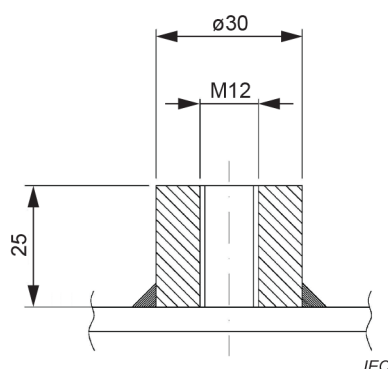
The values in Table 2 have been established considering the material properties as found in literature and an adiabatic temperature rise.

For additional information, see Annex A.

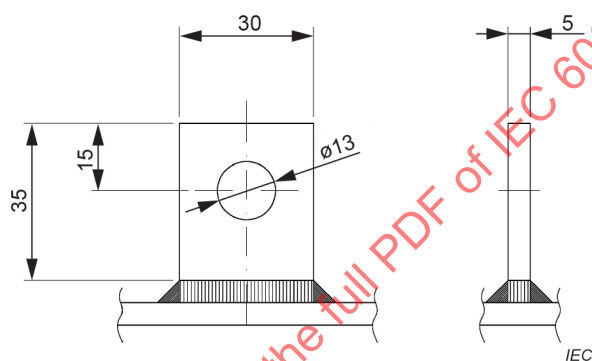
6.2.2 Dimensions of different earth terminals

Figure 2 to Figure 8 show the preferred solutions.

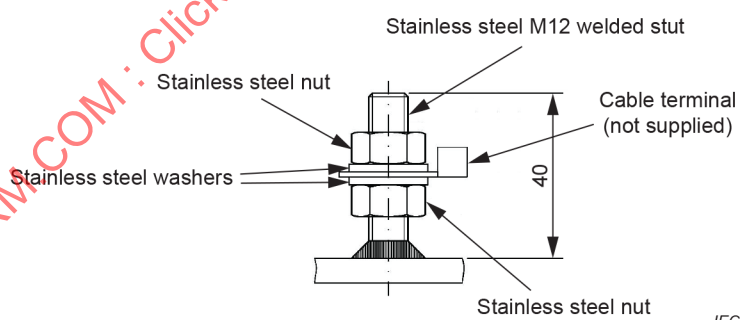
Dimensions in millimetres

**Figure 2 – Earth terminal type B1**

Dimensions in millimetres

**Figure 3 – Earth terminal type B2**

Dimensions in millimetres

**Figure 4 – Earth terminal type B3**

Dimensions in millimetres

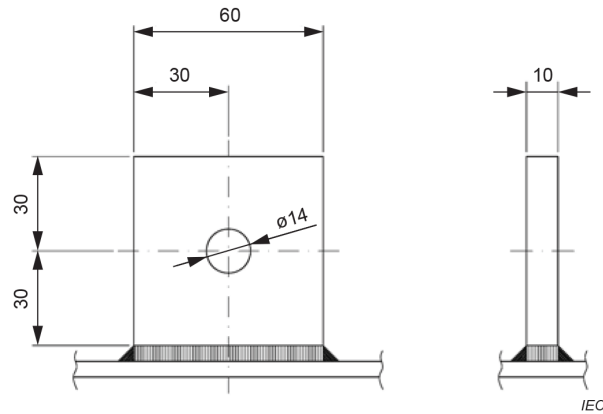


Figure 5 – Earth terminal type B4

Dimensions in millimetres

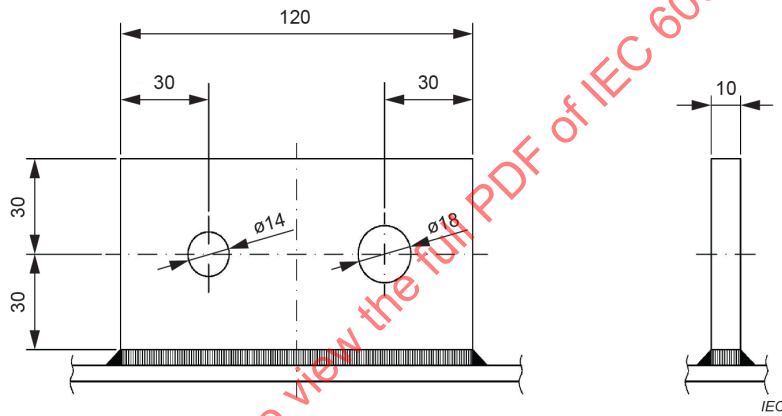


Figure 6 – Earth terminal type B5

Dimensions in millimetres

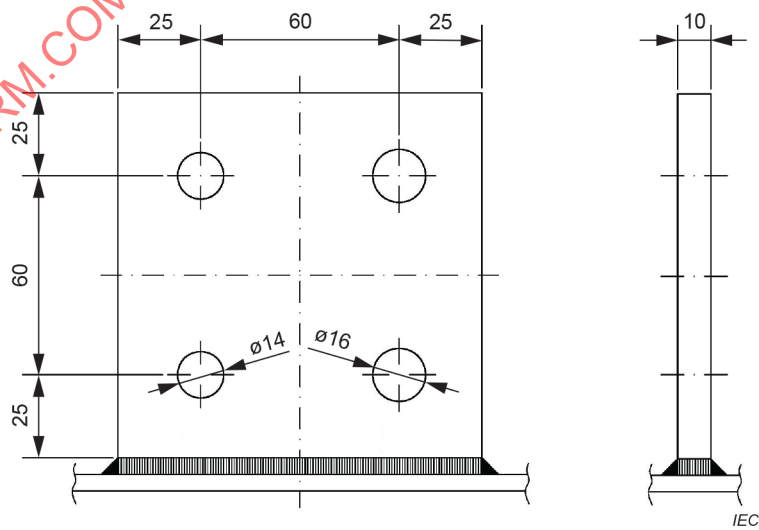


Figure 7 – Earth terminal type B6

Dimensions in millimetres

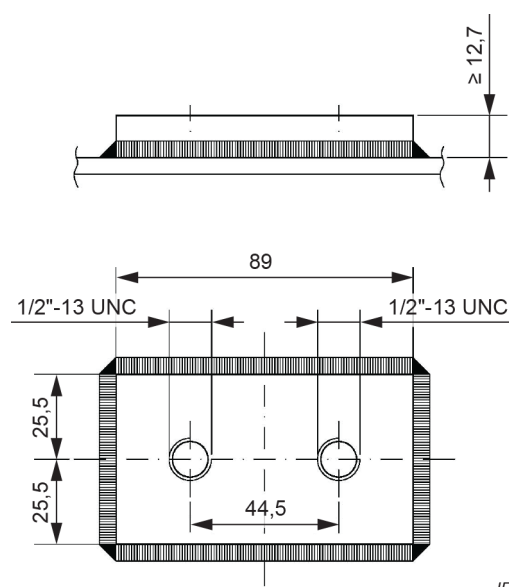


Figure 8 – Earth terminal type B7

Table 2 – Maximum current for earth terminals

Earth terminal type		Cross section S mm ²	Short-circuit current capability kA
B1	Ø30 M12	594	31,5
B2	5 mm × 30 mm	150	8,0
B3	M12	76	4,0
B4	60 mm × 10 mm	600	31,5
B5	120 mm × 10 mm	1 200	63,0
B6	110 mm × 10 mm	1 100	58,0
B7	51 mm × 89 mm	1 400	74,0

6.3 Draining plug

6.3.1 General

Draining plugs are used on all insulating liquid compartments, for the complete draining of the liquid contained inside.

They shall be positioned in the lowest part of the compartment.

They shall not leak in operation.

6.3.2 Materials

The welded parts shall be made of carbon steel, screws and screwed parts shall be brass or stainless steel, and protective caps shall be metallic.

6.3.3 Dimensions of different devices

Figure 9 to Figure 11 show the preferred solutions, to be chosen according to the liquid volume to be drained. Table 3 shows the dimensions of the draining plugs shown in Figure 10.

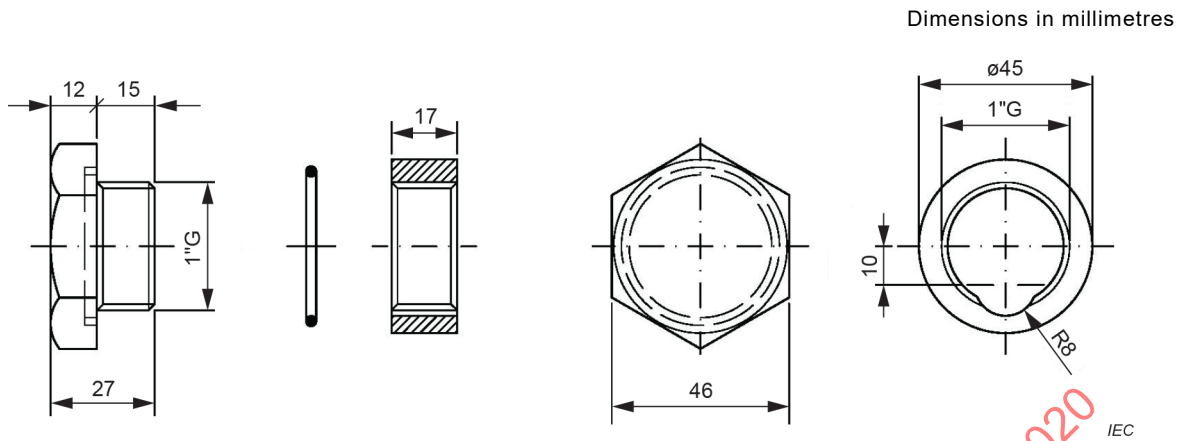


Figure 9 – Draining plug type C1 (bolted type)

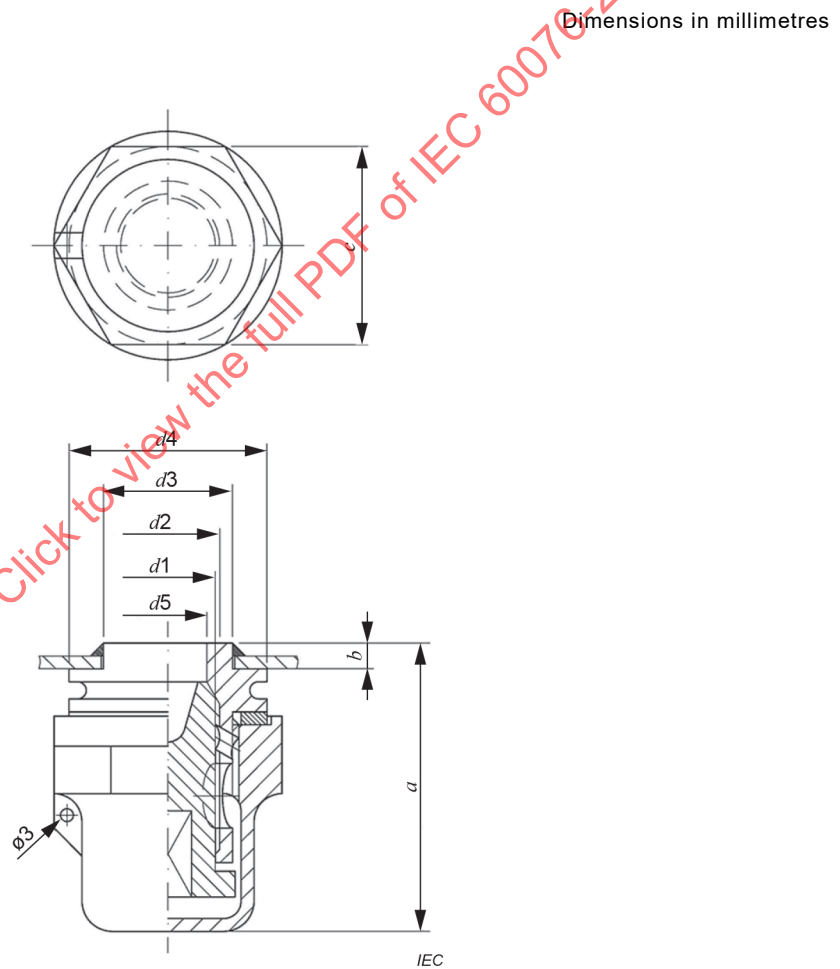
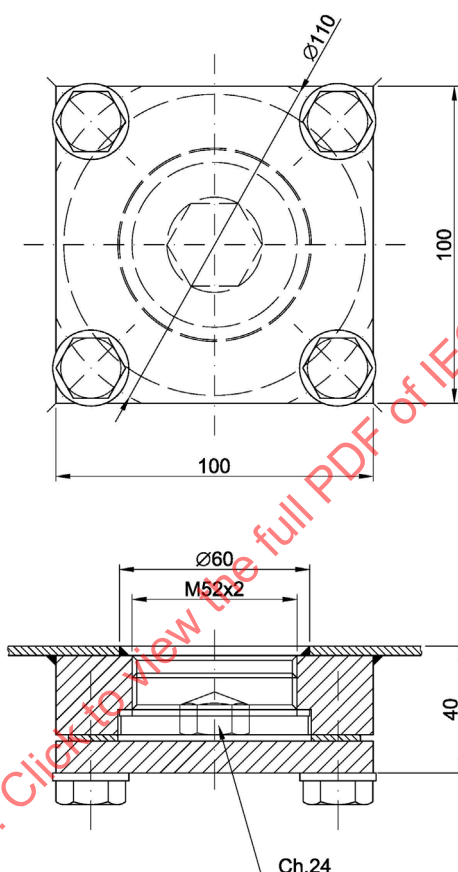


Figure 10 – Draining plug type C2

Table 3 – Dimensions of draining plug type C2

Dimensions in millimetres

Size	d_1 mm	a mm	b mm	c mm	d_2	d_3 mm	d_4 mm	d_5 mm min
C2-A	22	67	6	46	M24 × 1,5	30	46	18,5
C2-B	31	93	10	65	M33 × 1,5	40	65	26
C2-C	40	115	10	80	M42 × 1,5	52	80	33,8

**Figure 11 – Draining device type C3**

6.4 Air vent and liquid draining device

6.4.1 General

Air vents are used on insulating liquid compartments, for the venting of the air or gas contained inside. When used as an air vent they shall be positioned in the highest part of the compartment.

Draining devices are used on insulating liquid compartments for draining small amounts of liquid. When used as a draining plug, they shall be positioned at the lowest part of the compartment.

Air vents and liquid draining devices shall not leak in operation.

6.4.2 Materials

The welded parts shall be made of carbon steel, screws and screwed parts shall be brass or stainless steel, and protective caps shall be metallic.

6.4.3 Dimensions of different devices

Figure 12 shows the preferred solution, to be chosen according to the gas volume to be vented or the oil volume to be drained.

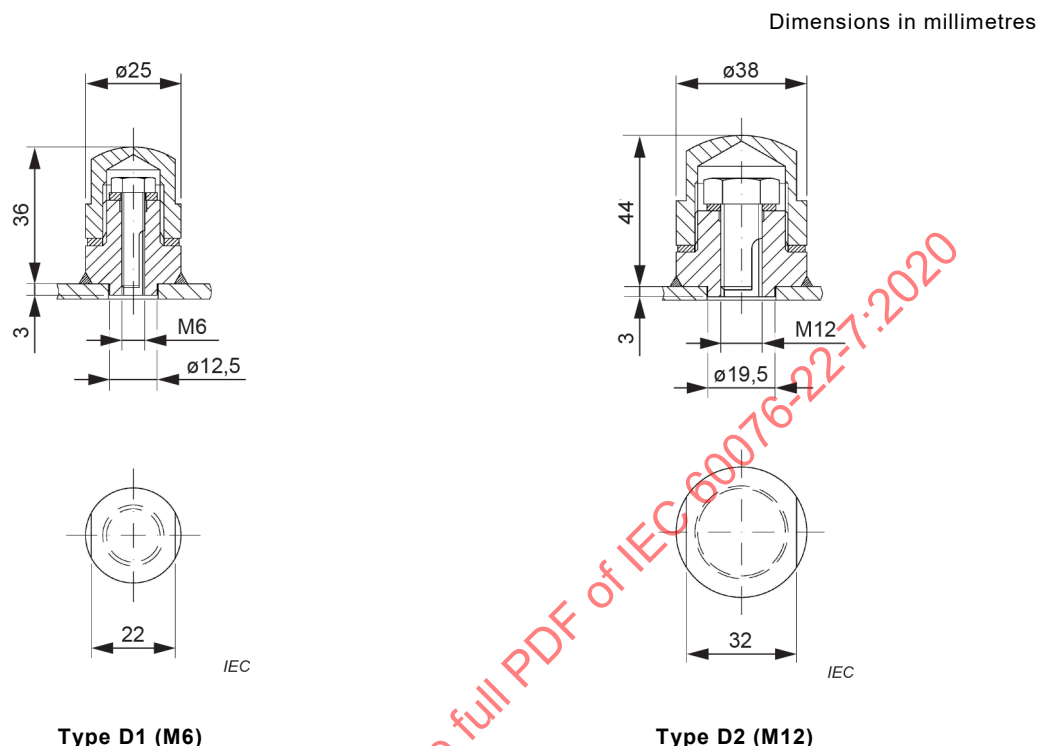


Figure 12 – Air venting and liquid draining type D1 (M6) and D2 (M12)

6.5 Wheel assembly – General requirements

Each wheel assembly shall be suitable for movement in at least two perpendicular directions and be able to be secured in the selected position.

Each wheel assembly shall be designed to accept a device for blocking the wheels with chocks.

Each wheel assembly shall be capable of bearing 120 % of the maximum load to which it will be subject when the transformer is completely liquid filled and stationary.

For the expected life of the transformer the wheel assembly shall show no sign of deformations that will prevent normal rotation of the wheel and shall roll freely even after a long period of being stationary.

For the expected life of the transformer the wheel assembly shall not deform the rail on which it is mounted both when stationary and rolling on the rail.

For additional information, see Annex B.

6.6 Dehydrating breathers

6.6.1 General

This device has the function to absorb the humidity of the air, breathed inside any liquid filled compartment of liquid immersed transformers and reactors, due to thermal contraction of the liquid.

This document considers only breathers using a dehydrating agent to absorb the humidity from the air. During operation, the dehydrating agent absorbs humidity until saturation.

Breathers may be of the conventional manual replacement or self-regenerating type.

6.6.2 Common requirements

6.6.2.1 General

These requirements apply to both breather types, conventional manual replacement and self-regenerating.

6.6.2.2 Dehydrating agent

The dehydrating agent shall be free from dust particles, as these can affect breather performance.

6.6.2.3 Mounting arrangement

The breather is normally mounted in vertical position, easy to be reached from ground level for maintenance operation and for the replacement of the dehydrating agent, if needed.

6.6.3 Additional requirements for conventional manual replacement types

6.6.3.1 Dehydrating agent

The dehydrating agent shall provide a visual indication of the saturation condition of the agent and shall have a granulometry between 2 mm and 7 mm.

NOTE Silica gel is the most commonly used dehydrating agent.

6.6.3.2 Selection criteria

The choice of a breather size depends on the insulating liquid volume of the transformer compartments, the expansion coefficient of the liquid, the climate conditions (relative humidity and temperature variation) of the site where the transformer will be installed, the operating conditions (frequency and speed of load variation) and the expected maintenance interval.

The choice of the breather sealing guard is subject to agreement between purchaser and supplier. The sealing guard shall be selected considering the maximum air flow expected in service.

See Annex C for detailed selection criteria.

6.6.3.3 Breather components

The design and assembly of the breather and of its' components shall allow for an easy replacement of the dehydrating agent. The breather normally consists of the following components:

- **Dehydrating agent container**

The centre part of the breather, hereafter referred to as "container", shall permit a visual check of the presence of the dehydrating agent inside and its state of saturation. It may be supplied with an external metallic frame to provide mechanical protection against impacts and additionally a shield against direct sun radiation, which may affect the efficiency of the dehydrating agent.

- Upper flanged connection

The top of the container shall be provided with a cover with a flanged connection, which enables the breather to be fitted to the air-inlet tube of the liquid filled compartment; the flanged connection shall be according to Figure 13 and Table 4.

- Bottom cup with guard

The breather shall be designed so that the dehydrating agent is not exposed to the atmosphere when there is no air flow. Therefore, the lower end of the container shall be provided with a bottom cup fitted with either a hydraulic or a mechanical device which allows the air to pass in both directions (inlet and outlet) when there is a pressure differential between the inside and outside of the compartment. In case of air suction, the air shall enter the breather passing only through the guard:

- Hydraulic guard

The bottom cup shall be filled with the same liquid as the transformer, the filling level shall be marked and the liquid level clearly visible.

The hydraulic guard shall be designed to avoid the liquid inside the bottom cup being siphoned inside the container or expelled from the guard with the minimum design air flow according to Table 4.

- Mechanical guard

It consists of a bidirectional valve; the air is free to pass in both directions (inlet and outlet) through that valve, which enables air flow when the compartment is breathing.

The valve shall protect the dehydrating agent when there is no air flow.

6.6.3.4 Nameplate

The nameplate shall contain the following information:

- name or logo of the supplier;
- country and manufacturing location;
- number of this document;
- device manufacturer's identification and/or manufacturer's serial number to allow a complete identification of the device.

6.6.3.5 Connecting flanges

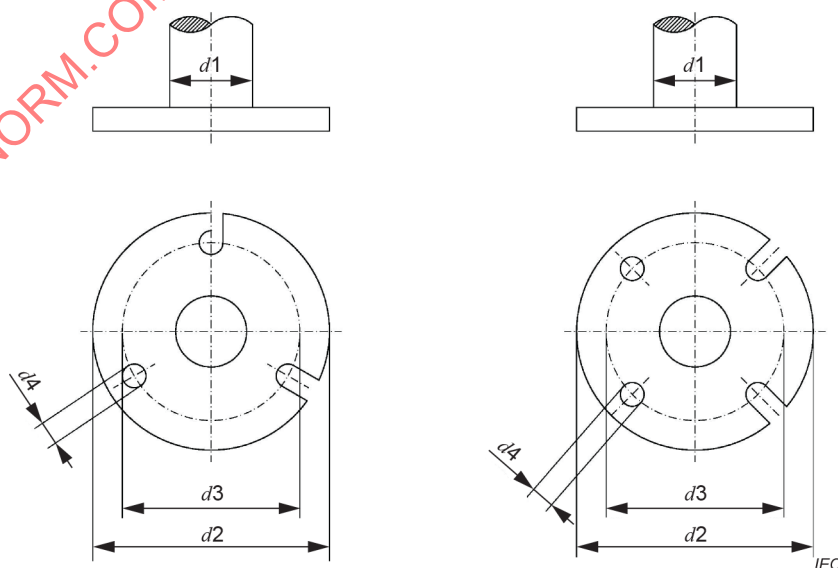


Figure 13 – Breather connecting flanges

6.6.3.6 Overall dimensions

See Table 4 for dimensions of Figure 14.

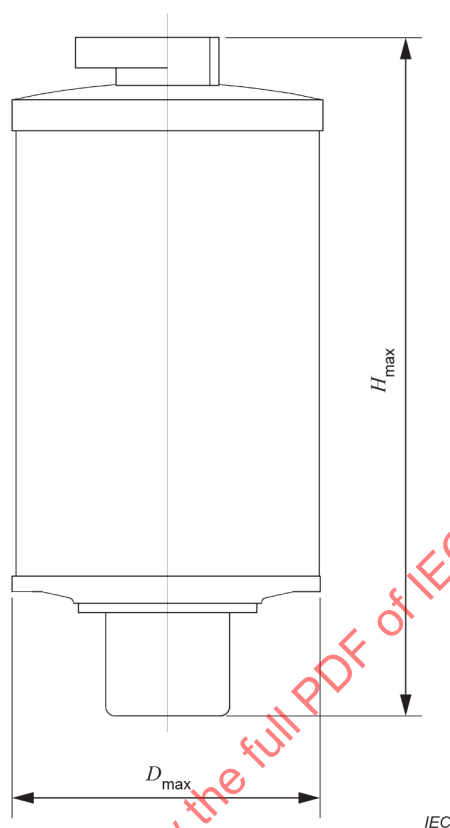


Figure 14 – Overall dimensions

Table 4 – Typical size classes of breathers

Dimensions in millimetres

Size class ^a	Agent quantity ^b kg	Overall dimensions mm		Flange dimensions mm								Minimum design air flow dm ³ /s Inlet/outlet
				Flange 3H with 3 holes				Flange 4H with 4 holes				
		<i>D</i> _{max}	<i>H</i> _{max}	<i>d</i> _{1max}	<i>d</i> ₂	<i>d</i> ₃	<i>d</i> ₄	<i>d</i> _{1max}	<i>d</i> ₂	<i>d</i> ₃	<i>d</i> ₄	
A	1 to 2	250	500	35	150	120	14	35	115	85	12	0,07
B	2 to 5	250	800					46	130	100	14	0,07
C	5 to 15	250	1 400					60	140	110	14	0,15
D	> 15	350	1 700									0,15

^a Each class includes all the breathers with agent quantity within the range stated in the corresponding column.

^b Quantity of dehydrating agent inside the breather.

6.6.3.7 Tests

6.6.3.7.1 List of tests

6.6.3.7.1.1 Routine tests

No routine test required.

6.6.3.7.1.2 Type tests

- Flow rate test for hydraulic guard (6.6.3.7.2.1);
- Pressure test for mechanical guard (6.6.3.7.2.2).

6.6.3.7.2 Type test

6.6.3.7.2.1 Flow rate test for hydraulic guard

Raise the air flow from zero to the minimum design air flow value given in Table 4 within 3 min, maintain the test value for 5 min, reduce the air flow from test value to zero within 3 min. Both inhaling and exhaling. No liquid shall be siphoned inside the container or expelled from the guard. The test shall be performed at ambient temperature with an oil according to IEC 60296 and a lowest cold start energizing temperature (LCSET) of $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

6.6.3.7.2.2 Pressure test for mechanical guard

The mechanical guard assembly shall be pressure tested in both directions using suitable visible means to detect the opening of the mechanical guard. Slowly raise the air pressure from zero until the mechanical guard operation is detected.

6.6.4 Additional aspects for self-regenerating types

6.6.4.1 Functional requirement

For the specified lifetime of the dehydrating agent, the self-regenerating breather shall provide the compartment with dried air. At all times during the operation, the self-regenerating breather shall allow the compartment to inhale and exhale air as required.

At least one switch to signal system failure shall be provided.

6.6.4.2 Regeneration process

Currently the regeneration process is triggered by two different principles: condition or time based.

- Time based regeneration process

The device automatically triggers the regeneration process of the dehydrating agent at a settable time interval or by intelligent control of the device which sets the time interval based on the applied technology. Both time intervals are set based on the size of the breather, the ambient and operating conditions of the compartment as well as the efficiency of the regeneration process.

- Condition based regeneration process

The device automatically triggers the regeneration process once the dehydrating agent reaches a certain level of saturation or the relative humidity of the dried air goes over a certain threshold. The interval between each regeneration process is dictated by the operating conditions.

6.6.4.3 Selection criteria

The choice of a breather depends on the liquid volume of the compartment, the expansion coefficient of the liquid, the climate conditions (relative humidity and temperature variation) of the site where the transformer will be installed and the operating conditions (frequency and speed of load variation).

The choice of a breather shall also depend on the required emergency running properties, which means de-energized dehumidification capability. The de-energized resilience period shall be selected based on the operator's requirements.

6.6.4.4 Breather components

The breather normally consists of the following components:

- dehydrating agent container;
- upper flanged connection;
To ensure interchangeability, the design of the upper flange connection should reflect the flange dimensions detailed in Table 4;
- control system to manage the operation;
- power supply, alarms and communication terminal box.

6.6.4.5 Nameplate

The nameplate shall contain the following information:

- name or logo of the supplier;
- country and manufacturing location;
- number of this document;
- device manufacturer's identification;
- manufacturer's serial number;
- year of manufacture;
- power supply voltage range and energy consumption;
- seismic withstand class if applicable.

6.6.4.6 Vibration withstand

The breather shall withstand without loss of its functionality:

- a non-stationary vibration causing a vertical shock of 100 m/s^2 , with type 1 spectrum according to IEC 60721-3-4;
- a stationary sinusoidal vibration class 4M4 according to IEC 60721-3-4. By agreement between purchaser and supplier, class 4M6 may also be specified.

6.6.4.7 Seismic requirements

When the accessory or fitting is specified with a seismic requirement without specified acceleration values, the performance level shall be chosen in accordance with IEC 60068-3-3 as follows:

- classification: criterion 0 (see IEC 60068-3-3:2019, 4.4);
- performance level II (see IEC 60068-3-3:1991, 7.1; a starting frequency of 2 Hz is acceptable).

6.6.4.8 Degree of protection

Unless otherwise specified, the degree of protection of the terminal and control box for outdoor installation shall be at least IP 54 according to IEC 60529.

6.6.4.9 Terminal box

A terminal box shall be provided to connect the power supply, the switches and communication terminals of the device; it shall also include one protective conductor or earth terminal. The number and marking of the terminal block shall comply with its connection diagram.

Terminal blocks for power supply and switches shall be designed to accept cables having a cross sectional area of between $1,5 \text{ mm}^2$ to 4 mm^2 .

A minimum of two threaded holes for cable glands $M20 \times 1,5$ or $M25 \times 1,5$ shall be provided. Other thread dimensions or number of cable entries are subject to agreement between supplier and purchaser. Cable glands are supplied on demand.

6.6.4.10 Characteristics of switches

6.6.4.10.1 Switch type

Switches shall be potential free. Unless otherwise specified, changeover switches shall be provided.

6.6.4.10.2 Alarm switch performance

Switches shall have a minimum rated current of 2 A RMS and short time current 10 A RMS for 30 ms and comply with the values of making and breaking capacity shown in Table 5.

Table 5 – Making and breaking capacity – Self regenerating breather

Voltage	Changeover switches			
	Making capacity		Breaking capacity	
24 V DC to 220 V DC	130 W	L/R < 40 ms	25 W	L/R < 40 ms
230 V AC	250 VA	$\cos \varphi > 0,5$	60 VA	$\cos \varphi > 0,5$

Other values may be agreed between purchaser and supplier.

The minimum switch life shall be 1 000 operations.

6.6.4.10.3 Other switches performance

The performance of other switches has to be agreed between purchaser and supplier.

6.6.4.10.4 Dielectric strength (in accordance with IEC 60255-27)

The minimum dielectric withstand strength is given in Table 6 and Table 7.

Table 6 – Dielectric strength of switches – Power frequency

	Short duration power frequency withstand voltage 1 min kV (RMS)
Between circuits and earth	2
Between contacts in open position	1

Table 7 – Dielectric strength of switches – Impulse

	Lightning impulse withstand voltage kV (peak)
Between circuits and earth	4
Between contacts in open position	3

6.6.5 Tests

6.6.5.1 List of tests

6.6.5.1.1 Routine tests

- Insulation test;
- Functional test.

6.6.5.1.2 Type tests

- Performance test;
- Endurance test.

6.6.5.2 Routine tests

6.6.5.2.1 Insulation test

The manufacturer shall perform a short duration (60 s) power frequency withstand voltage test between all circuits together and earth.

Test voltage is given in Table 6.

6.6.5.2.2 Functional test

The manufacturer shall provide evidence that the device is fully operational.

6.6.5.3 Type test

6.6.5.3.1 Performance test

The purpose of the test is to verify the performance of the device.

The test shall be performed with equipment capable of forcing a specific air flow at a given relative humidity into the device and measuring the relative humidity at outlet of the device.

With inlet air relative humidity of 50 % at 20 °C and air flow of 0,2 dm³/s at 20 °C, the maximum relative humidity at the outlet before the regeneration starts shall be less than 20 %.

6.6.5.3.2 Endurance test

The purpose of the test is to verify the ability of the complete device to withstand a minimum 100 regeneration cycles.

The test shall be performed with equipment capable of forcing a specific air flow at a given relative humidity into the device.

The relative humidity at the inlet and the air flow value are specified by the manufacturer. For devices utilising a condition based regeneration process, the process shall be triggered by the device. For devices utilising a time based regeneration process, the time period shall be set in such a way that the dehydrating agent is saturated before the regeneration starts.

After completing the specified number of cycles, the performance test shall be repeated successfully.

Tests performed on one type can be considered valid for other types of the same design.

6.7 Butterfly valves

6.7.1 General

Subclause 6.7 defines the general overall dimensions and some functional and manufacturing characteristics of the butterfly valves used on the pipelines in which the insulating liquid of power transformers or reactors flows, in order to allow the isolation of the components without removing the insulating liquid from the conservator and the tank in full or in large amount.

The flange of butterfly valves shall be provided with grooves for O-ring gaskets on both sides. This design is suitable for use with connecting flanges that have a machined surface; also the paint finish shall be without protrusions that may interfere with the connection arrangement.

Upon special agreement between supplier and purchaser, valves with flat face flanges can be provided.

6.7.2 Requirements and characteristics

6.7.2.1 Description

The main components of a butterfly valve are:

- the "flanged body", which allows for mounting on the pipe according to one of the assembly layouts listed in 6.7.4.2. The free passage in the body gives the nominal dimension of the valve, which should be preferably within the range shown in Table D.1, Table D.2, Table D.3, Table D.4 and Table D.5 of Annex D. With the exceptions of the valves with nominal diameter 80 mm, which can have 4 or 8 holes, the flanged body has PN10 fixing dimensions in accordance with ISO 7005-1;
- the "butterfly" which opens or shuts the opening of the body;
- the "drive assembly", which allows the opening or shutting of the butterfly and its locking in the open or closed position.

6.7.2.2 Operating characteristics

The butterfly valves are intended to be mounted on the pipelines in any position and with any orientation. They shall be capable of mechanically withstanding an overpressure of 200 kPa either on the flanged body or on the butterfly in closed position, in both directions, without impairing the operation of the butterfly.

The sealing of the butterfly should not be subject to ageing; therefore, a metal-to-metal design is preferable because the leakage rate does not change over the lifetime of the valve.

The operation of opening or shutting the butterfly shall be done using spanners only.

All the characteristics are related to valves having the butterfly in fully open or fully closed position.

6.7.3 Valve components

6.7.3.1 Materials

All components shall be of a material resilient to mechanical shock.

6.7.3.2 Flanged body

The flanged body shall be metallic, free from porosity or defoliation that may cause leakage. It is preferable to use forged steel bodies or bodies cut from sheet steel or steel bars; cast bodies shall be individually tested for tightness.

The faces of the flanged body in contact with the flanges of the pipeline or of the component to be connected, have a seat for an O-ring gasket. Recommended dimensions of gaskets and gasket seats are shown in Annex E.

6.7.3.3 Butterfly

The butterfly shall be metallic, free from porosity and defoliation to avoid metallic particle contamination.

6.7.3.4 Drive assembly

The drive assembly includes all parts that drive or support the butterfly, assure the tightness, including the cap if present, and indicate the position of the valve.

The drive assembly shall:

- be completely contained within the thickness of the flanged body up to the limit of the flange diameter;
- assure the mechanical resistance necessary to withstand the test pressure on the closed butterfly; for $DN \geq 125$ mm the butterfly shall also be guided on the lower part;
- indicate the butterfly position with standard symbols or in writing;
- open the butterfly anticlockwise, shut the butterfly clockwise;
- have full oil tightness towards the outside of the pipeline; the gaskets of the drive assembly, if any, shall be easily replaced in case of gasket failure or wear;
- be capable of withstanding the surface preparation process of the transformer tank, including sandblasting and painting; this is particularly important for the weld on radiator type valves. The use of a temporary protection device is allowed during this process;
- be capable of being secured in the open or closed position with the use of a padlock or a seal.

6.7.3.5 Screws

All the screws exposed to the atmosphere shall be of stainless steel or brass.

6.7.4 Assembly arrangements and dimensions

6.7.4.1 Mandatory arrangement and dimensions

Annex D shows the assembly layouts and the mounting dimensions. Annex E shows the features for the gasket seats and gaskets.

6.7.4.2 Types of assembly

The butterfly valve types differ in the way they are assembled on the pipeline according to the following layouts:

- Assembly by welding:
assembly layout according to Figure D.1; the valves are with unthreaded holes; on request, valves with M16 threaded holes can be supplied.
- Assembly between two flanges or tank wall and flange – recessed body:
assembly layout according to Figure D.3 and Figure D.4; the valves are with unthreaded holes.
- Assembly between two flanges – full thickness body:
assembly layout according to Figure D.7; the valves are with threaded holes.

6.7.4.3 Range of nominal diameters (DN)

Butterfly valve dimensions are arranged by nominal diameter (DN). Standardized nominal diameters are 25 mm, 50 mm, 80 mm, 100 mm, 125 mm, 150 mm, 175 mm, 200 mm, 250 mm and 300 mm.

Figure D.2, Figure D.5, Figure D.6, Figure D.8 and Figure D.9 show the preferred mounting dimensions.

6.7.4.4 Dimensions and types of gaskets, dimensions of gasket seats

6.7.4.4.1 General

Gaskets have to be considered to be parts subjected to ageing; therefore their replacement shall be made as easy as possible. The gasket material is furthermore the main element responsible for ensuring compliance with the admitted operating conditions.

6.7.4.4.2 Gaskets and gasket material

Unless otherwise specified, butterfly valves with flange gasket grooves shall be supplied with one set of nitrile rubber (NBR) standard O-Ring mounting gaskets; flat faced butterfly valves are supplied without mounting gaskets.

Unless otherwise specified, internal gaskets are of nitrile rubber (NBR).

Other gasket materials for operating conditions outside the admitted range for nitrile rubber may be supplied upon agreement between supplier and purchaser.

To avoid confusion, gaskets shall be colour coded according to the material.

6.7.4.4.3 Design criteria for gasket seats – Choice of flange gaskets

The following criteria shall be applied when choosing the O-Ring gaskets and designing the gasket seats:

- the O-Ring gaskets shall be according to ISO 3601-1;
- the seat shall be designed for hydraulic axial sealing application with internal pressure;
- the seats shall allow the use of standard slip-on flanges according to ISO 7005-1 PN series on the pipeline; this may not be possible for valves Type B1 and B2;
- owing to low operating pressure and lower flatness of the flanges usually used in transformer manufacturing, the following criteria have proven their validity in the field:
 - radial compression of gasket to be $(33 \pm 2) \%$ of the bore diameter;
 - gasket seat cross section and gasket seat volume to be between 12 % and 17 % higher than the gasket cross section and volume.

Annex E details the standard gasket seat dimensions and O-Ring references; other gasket references and gasket seat dimensions can be agreed between manufacturer and purchaser.

6.7.5 Performances

6.7.5.1 Tightness of the mounted valve

The valves mounted on the pipeline, in normal operating condition, under pressure, either in open or in closed position, shall not show any leakage outside the pipeline.

During the operation of closing or opening of the valve, small leakages are accepted at the shaft.

The valve in open condition shall be capable of withstanding the general vacuum test applied to transformers with radiators.

6.7.5.2 Tightness of the butterfly blade (metal-to-metal type)

Leakage is admitted at the closed butterfly; Table 8 shows the admitted leakage according to the nominal diameter. The values of Table 8 apply with oil at 20 °C, 100 kPa and viscosity of 30,5 mm²/s.

Table 8 – Maximum admissible leakage value

Nominal diameter of valve mm	≤ 100	> 100 to ≤ 175	> 175
Admitted leakage in dm ³ /h measured in 1 h	≤ 0,5	≤ 1,0	≤ 2,0

6.7.5.3 Operating torque

The following torque values shall be provided by the manufacturer and included in the operation manual or technical datasheet:

- closing torque – torque necessary to completely close the valve, starting from the open position;
- opening torque – maximum initial torque necessary to open the valve after complete closure.

6.7.6 Tests

6.7.6.1 List of tests

6.7.6.1.1 Routine tests

- Tightness of the butterfly blade and operating torques.

6.7.6.1.2 Type tests

The following list of tests is not in any specific order.

- Tightness of the mounted valve;
- Maximum working overpressure with the butterfly valve in open and closed position.

6.7.6.2 Tightness of the butterfly blade and operating torques

This test shall be carried out by sampling on each manufacturing lot; the number of samples to be decided and declared by the manufacturer.

The valve shall be closed from the open position by a dynamometric spanner using the values indicated by the manufacturer in its data sheet. The valve shall then be tested with oil at 20 °C, 100 kPa and viscosity of 30,5 cSt. The leakage at the butterfly over a period of 1 h shall be less than the maximum admissible values indicated in Table 8.

After the tightness test, the valve shall be opened and the maximum initial torque shall be lower than the value indicated in the data sheet of the manufacturer.

6.7.6.3 Type test

6.7.6.3.1 Tightness of the mounted valve

This test shall be done with air at a pressure of 200 kPa on the valve mounted on a pipe flanged on one side, with a blind flange on the other side; no air leaks shall be observed with the full assembly immersed under water.

The tightness of the mounted valve under pressure or vacuum has to be guaranteed by valve design and by the materials and machining characteristics used in the construction.

6.7.6.3.2 Maximum working overpressure with the butterfly valve in open and closed position

The valve shall be mounted on a pipeline in which it is possible to create an oil pressure of 200 kPa on both sides of the butterfly.

After 5 open–close operations without any malfunction in either condition:

- pressure on both sides,
- pressure on each side;

the valve shall pass the tests of 6.7.6.3.1 and 6.7.6.2.

The valve shall then be dismantled from the pipeline and visually inspected to verify the integrity of the components; no sign of deformation shall be evident.

6.7.7 Supply conditions

The valve shall be supplied clean of any mechanical scrap or particle and slightly oiled with transformer mineral oil to prevent corrosion during shipment and storage.

6.8 Junction terminal boxes

6.8.1 General

Subclause 6.8 defines the functional and manufacturing characteristics of the terminal boxes as well as the general overall dimensions.

6.8.2 Degree of protection

Unless otherwise specified, where applicable, the degree of protection of the device for outdoor installation shall be at least IP 54 according to IEC 60529.

The degree of protection against external mechanical impact shall be IK 07 with an admissible vertical load of 100 daN.

6.8.3 Function of the junction terminal box

The measurement, control, check and data recording circuits of oil-insulated electric transformers require low voltage and current signals AC and DC to be brought outside the tank. Typically, the current transformers require this kind of connection.

In addition, the earthing of mechanical parts inside the transformer tank requires oil-tight and insulated electrical connections from the inside to the outside of the tank. Typically, the earthing of the core and frame require this kind of connection.

6.8.4 General construction

The junction terminal box consists of a flanged casing with one or more threaded cable entries and closed by a cover. The terminals are mounted inside the casing; they are oil-tight and insulated from the casing itself.

The casing is mounted on the tank in a position suitable to connect the cables that have to be led outside the tank. One end of the terminal is connected inside the transformer tank while the other end is connected by insulated conductor inside the terminal box to the outside of the tank through threaded cable entries.

The junction terminal box shall be designed to allow the mounting in any position. To reduce the risk of moisture ingress, cable entries shall be positioned below the terminal box or in a horizontal position.

If the junction terminal box casing is metallic, an external equipotential bonding connection point shall be provided.

6.8.5 Overall dimensions

Figure F.1 and Table F.1 in Annex F provide the preferred dimensions of terminal boxes for various sizes.

6.8.6 Preferred functional and manufacturing characteristics of the box

- The flanged casing shall preferably have a lowered bottom to prevent air pockets and it shall be oil-tight;
- The flange shall have a gasket seat to allow an oil-tight assembly on the tank;
- The casing shall have one or more cable entries and be closed by a cover;
- A label on the outside of the box shall allow its identification.

6.8.7 Preferred functional and manufacturing characteristics of the terminals

- The terminals shall be one-piece conductors, preferably of brass or copper, with provision on both ends to connect the cables;
- The minimum cross section of the terminals shall be at the connecting ends;
- Terminals with M6, M10 and M12 thread are currently in use;
- M6 terminals are typically used for current transformer connection; M10 and M12 terminals are typically used for core and frame grounding;
- The terminals shall be insulated from each other and from the casing;
- The terminals shall be oil-tight;
- The terminals shall be identified at both ends by numbers, letters or combinations of both to make the wiring easily identifiable;
- A label inside the cover or a suitable identification shall be provided to allow the function of each terminal to be recorded;
- The terminals shall be mounted inside the box in such a way that they cannot fall inside the tank even if the tightening nut is accidentally loosened;
- The terminals shall be mounted inside the box in such a way that they cannot twist when the cable end is screwed on and off and so that no accidental loosening during transport, handling and mounting can occur.

6.8.8 Performance

- The mounting of the box on the tank shall meet ISO 7005-1 PN10 requirements;
- The design of the box and the terminals shall be such to withstand without mechanical breakdown an internal pressure in the tank of 400 kPa or full vacuum;
- The insulation between terminals and between terminals and earth shall be minimum 2,5 kV AC 60 s;
- Connection to current transformers with a knee point exceeding 2 kV, the insulation test shall be performed at 4 kV AC 60 s;
- For terminals used for core and frame grounding, higher insulation levels may be required;
- The terminal box and the terminals shall be compatible with the insulating liquid;
- The maximum permanent current allowed on the terminal shall be declared by the manufacturer. Typical rated current values are 40 A for the terminals used for the CTs and 250 A for the terminals used for core and frame grounding.

6.8.9 Tests

6.8.9.1 List of tests

6.8.9.1.1 Routine tests

The following list of tests is not in any specific order.

- Insulation between terminals and earth;
- Liquid leakage test.

6.8.9.1.2 Type tests

The following list of tests is not in any specific order.

- Insulation test between terminals;
- Vacuum withstand test;
- Pressure withstand test;
- Maximum admitted temperature test of the terminals.

6.8.9.2 Routine tests

6.8.9.2.1 Insulation test between terminals and earth

The manufacturer shall perform a short duration (60 s) power frequency withstand voltage test between all terminals together and earth.

Test voltage shall be 2,5 kV.

6.8.9.2.2 Liquid leakage test

The manufacturer shall perform a test to prove the device will not leak in operation. The description of the test procedure shall be made available to the customer on request.

The test performed by the manufacturer shall be at least as reliable as a test performed by injecting air with an overpressure of $2,5 \times 10^5$ Pa in the device immersed in a water container for at least 5 min at ambient temperature to observe if there are escaping air bubbles or a helium leakage test with a leakage rate lower than 4×10^{-6} Pa m³/s.

6.8.9.3 Type tests

6.8.9.3.1 Insulation test between terminals

The manufacturer shall perform a short duration (60 s) power frequency withstand voltage test between a terminal and each adjacent terminal.

Test voltage shall be 2,5 kV.

6.8.9.3.2 Vacuum withstand test

The test shall be carried out on the complete terminal box, mounted on a tank as in service, for 24 h at 2,5 kPa absolute pressure.

At the end of the test, the terminal box shall be visually inspected to ensure that no damage has occurred and the routine tests shall be repeated and successfully passed.

6.8.9.3.3 Pressure withstand test

The test shall be carried out on the complete terminal box, mounted on a tank as in service, with oil at 400 kPa for 2 min at a temperature of 70 °C.

At the end of the test, the terminal box shall be visually inspected to ensure that no damage has occurred and the routine tests shall be repeated and successfully passed.

6.8.9.3.4 Maximum admitted temperature of the terminals

The test shall be carried out on the complete terminal box, mounted on a tank as in service, with oil at a temperature of 70 °C.

For CT terminal boxes, a current of 40 A shall be injected continuously for 2 h; at the end of the test, the temperature of the terminals shall not exceed 100 °C. The terminal box shall also be visually inspected to ensure that no damage has occurred and the routine tests shall be successfully repeated.

For core and frame grounding boxes, a current of 250 A shall be injected continuously for 2 h; at the end of the test, the temperature of the terminals shall not exceed 100 °C. The terminal box shall also be visually inspected to ensure that no damage has occurred and the routine tests shall be successfully repeated.

6.9 Sampling device

6.9.1 General

Subclause 6.9 defines some functional and manufacturing characteristics of the sampling devices used on transformers to allow sampling of the insulating liquid.

The sampling device is always an end point, but may be combined with a pipeline or an end point valve or an oil treatment – draining valve.

6.9.2 Requirements and characteristics

6.9.2.1 Requirements

The sampling device shall:

- have a protective cap to prevent the pollution of the sampling orifice when not in use;
- when open, be perfectly liquid-tight with the protective cap in place;
- when closed, be perfectly liquid-tight even without the protective cap;
- have a sealing of the metal-to-metal type, the sealing of the protective cap may have a liquid resistant gasket;
- have a means to control the liquid flow;
- be liquid resistant and corrosion proof and resilient to mechanical shock; bronze, brass or stainless steel are currently used;
- be resistant to an overpressure of 400 kPa when closed.

6.9.2.2 Examples of different devices

Unless otherwise specified one of the two types shown in Figure 15 and Figure 16 shall be supplied.

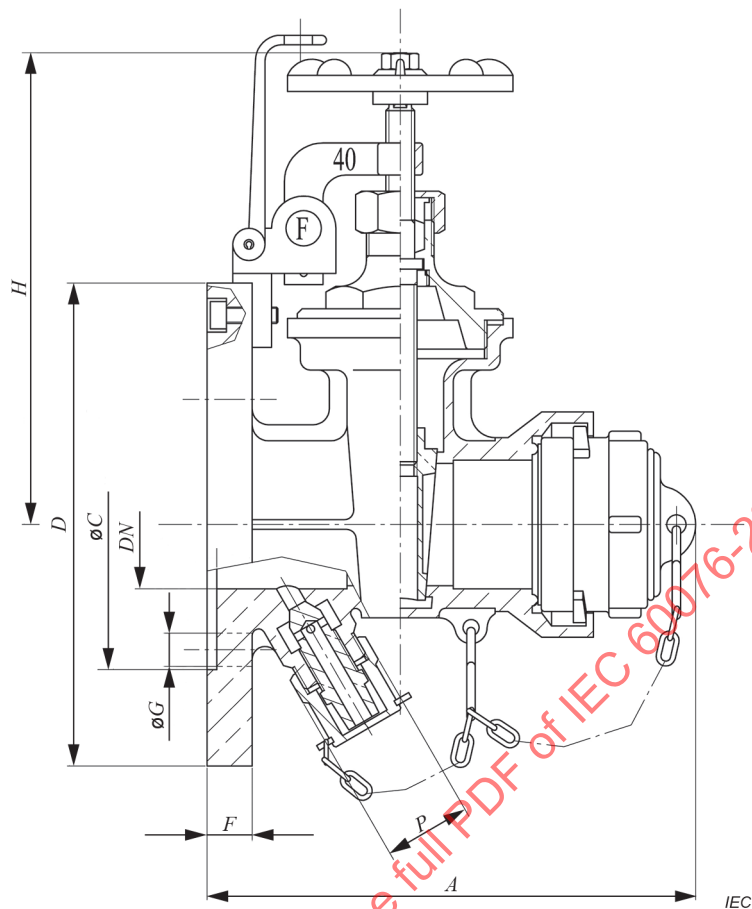


Figure 15 – Sampling device NF C 51-123

Table 9 – Dimensions of sampling device in Figure 15

Dimensions in millimetres

Nominal size	D	No. of holes $\varnothing G$ on PCD	C	F	H max	A max	E max	P
DN 25	115	4 × $\varnothing 14$ on $\varnothing 85$	69	4,5	150	140	13	27
DN 40	150	4 × $\varnothing 18$ on $\varnothing 110$	88	4,5	180	190	15	27
DN 50	165	4 × $\varnothing 18$ on $\varnothing 125$	103	4,5	190	220	16	27

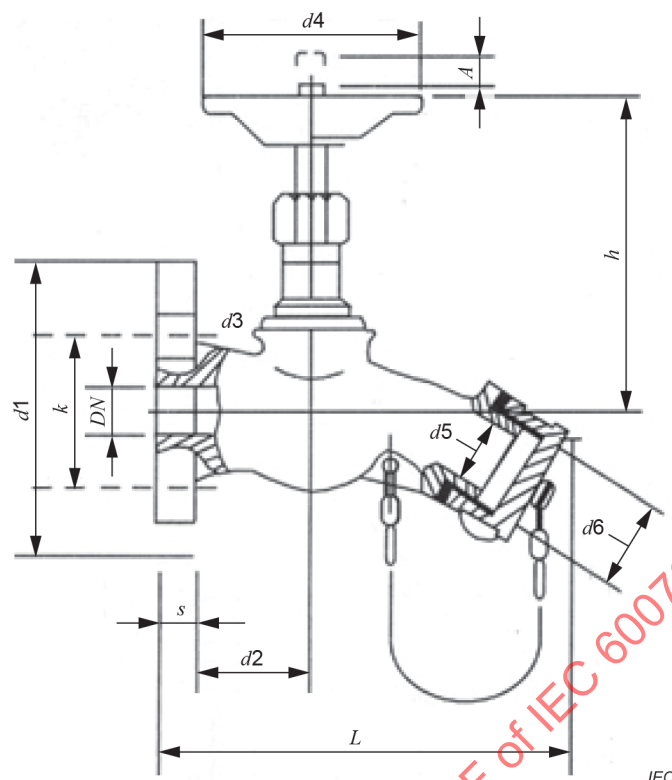


Figure 16 – Sampling device DIN 42568

Table 10 – Dimensions of sampling device in Figure 16

Dimensions in millimetres

Nominal size	d_1	k	No. of holes d_3	s	d_2	L max	h max	A max	d_4	d_5	d_6
DN 15	Ø 80	55	4 × Ø11,5	10	44	112	105	10	60	15	R 15,875 ($\frac{5}{8}$ ")
DN 32	□ 90 × 90	90	4 × Ø14	13	55	130	135	19	90	32	R 31,75 (1 $\frac{1}{4}$ ")

6.9.3 Tests

6.9.3.1 List of tests

6.9.3.1.1 Routine tests

- Tightness of the sampling device.

6.9.3.1.2 Type tests

- Maximum working overpressure.

6.9.3.2 Routine tests – Tightness of the sampling device

This test shall be carried out by sampling on each manufacturing lot; the number of samples is to be decided and declared by the manufacturer.

The device shall be closed. The device shall then be tested with oil at 20 °C, 100 kPa and viscosity of 30,5 cSt. No leakage shall occur over a period of 1 h.

6.9.3.3 Type test

6.9.3.3.1 Maximum working overpressure with the device in closed position

The device shall be mounted on a pipeline in which it is possible to create an oil pressure of 400 kPa on the liquid side of the device.

After 5 open–close operations without any malfunction, the device shall pass the tests of 6.9.3.2.

The device shall then be dismantled from the pipeline and visually inspected to verify the integrity of the components; no sign of deformation shall be evident.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60076-22-7:2020

Annex A (informative)

Earthing pad current capacity calculation

A.1 Theory

It is assumed that the conductor temperature rise is adiabatic. The current I , flowing through a conductor of a resistance $R_{(\theta)}$ at the temperature θ during dt , supplies an energy:

$$dW = R_{(\theta)} I^2 \times dt$$

which results in a temperature rise if its weight is m and its mass thermal capacity is C_p , defined by:

$$dW = m \times C_p \cdot d\theta$$

giving the differential equation $m \times C_p \times d\theta = R_{(\theta)} I^2 \times dt$

Bearing in mind that resistance $R_{(\theta)}$ is expressed as being

$$R_{(\theta)} = \rho_{(\theta)} \frac{L}{S}$$

where

$\rho_{(\theta)}$ is conductor resistivity;

L is conductor length;

S is conductor cross section;

$$m = \Delta LS$$

where

Δ is density of material;

and that

$$\rho_{(\theta)} = \rho_{(0)} [1 + \alpha(\theta - \theta_0)]$$

where

α is resistivity variation factor;

θ_0 is the reference temperature where $\rho_{(0)}$ is defined

It occurs that $m \cdot C_p \cdot d\theta = R_{(\theta)} I^2 \cdot dt$ can be written as

$$\Delta \cdot L \cdot S \cdot C_p \cdot d\theta = \rho_{(0)} [1 + \alpha(\theta - \theta_0)] \frac{L}{S} I^2 \cdot dt$$

i.e.
$$\frac{\Delta \cdot S^2 \cdot C_p \cdot d\theta}{\rho_{(0)} [1 + \alpha(\theta - \theta_0)]} = I^2 \cdot dt$$

Through integration, it occurs that

$$\int_0^T I^2 \cdot dt = \frac{\Delta \cdot S^2 \cdot C_p}{\rho_{(0)}} \int_{\theta_i}^{\theta_f} \frac{d\theta}{[1 + \alpha(\theta - \theta_0)]}$$

T = duration of short circuit

which is expressed as
$$I^2 \cdot T = \frac{\Delta \cdot S^2 \cdot C_p}{\rho_{(0)} \cdot \alpha} \cdot \ln \left[\frac{1 + \alpha(\theta_f - \theta_0)}{1 + \alpha(\theta_i - \theta_0)} \right]$$

where θ_f is the final temperature and θ_i is initial temperature.

This formula expresses the relationship between temperature, current and duration of application and properties of the conducting material. It allows the determination of the maximum permissible current for a given material keeping the final temperature below a certain threshold.

The formula is then given as:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta \cdot S^2 \cdot C_p}{T \rho_{(0)} \cdot \alpha} \cdot \ln \left[\frac{1 + \alpha(\theta_f - \theta_0)}{1 + \alpha(\theta_i - \theta_0)} \right]}$$

A.2 Application to earthing pads

For the calculation of earthing pads, the cross section which has been retained in this document is the cross section of the earthing element considering that the welding on the tank will be at least as large as the cross section of the pad. For stud type earthing elements, the minimum cross section of the thread has been retained.

The welding materials and methods for connecting the pads to the tank shall be capable of withstanding the maximum temperatures indicated in Table A.1 for each type of pad without detriment.

The maximum current values detailed in Table A.2 are related only to the earthing pad and its connection to the tank; earthing connections to the pad should be suitably rated to match these values.

Table A.1 compiles the material properties which have been used for the calculation.

Table A.1 – Material data for current capacity calculation

			Copper	Steel	Stainless steel 304L	Stainless steel 316L	Brass	Aluminium
Final temp.	θ_f	°C	250	300	300	300	250	200
Specific weight	Δ	kg/m ³	8 900	7 800	7 900	7 900	8 500	2 700
Resistivity at ref. temperature	ρ_0	Ω	2,10E-08	1,30E-07	7,30E-07	7,50E-07	7,10E-08	2,78E-08
Ref. temperature	θ_0	°C	75	20	20	20	20	20
Resistivity variation coefficient	α	K ⁻¹	0,003 93	0,006 6	0,000 016	0,000 017	0,001 5	0,003 9
Calorific capacity	C_p	J / (kg × K)	394	515	502	502	385	879

Table A.2 compiles the results for each material and each type of earthing pad. Note that the duration of the current flow has been set to 0,5 s which is considered as being above any normal protection system operation; this duration is different from the thermal capacity of windings required by IEC 60076-5 of 2 s because the fault to earth will in any case trigger a trip of the transformer.

The temperature limits have been set at 200 °C for aluminium below its usual annealing temperature and at 250 °C for brass and copper. Note that for copper or brass elements, the nature of the brazing on the steel tank may lower this value which should remain below melting temperature of the used brazing material. For instance, if tin is used for brazing copper on steel, the maximum temperature would be 120 °C the melting temperature of tin. For steel, 300 °C has been considered as a usual limit above which problems may affect the connections.

Table A.2 – Maximum permissible current for standard earthing pads, during 0,5 s

Parameter	Unit		Copper	Steel	Stainless steel 304L	Stainless steel 316L	Brass	Aluminium
Final temp.	θ_f	°C	250	300	300	300	250	200
Earth pad type		Cross section S in m ²	Short-circuit current within temperature limit in kA					
B1	Φ 30 M12	0,000 594	141,82	55,19	31,52	31,10	76,03	83,96
B2	5 × 30	0,000 150	35,83	13,94	7,96	7,86	19,21	21,21
B3	M12	0,000 076	18,21	7,09	4,05	3,99	9,76	10,78
B4	60 × 10	0,000 600	143,31	55,77	31,85	31,42	76,83	84,84
B5	120 × 10	0,001 200	286,63	111,54	63,70	62,84	153,67	169,68
B6	110 × 10	0,001 100	262,74	102,24	58,40	57,61	140,86	155,54
B7	50,8 × 88,9	0,001 397	333,68	129,85	74,16	73,16	178,89	197,54

Annex B (informative)

Wheel assembly

B.1 Introduction to wheel selection

Two different types of wheels exist for transformers, the usage of which depends on the transformer weight. The first type, without flanges, is mainly used for small and medium size transformers. This type is usually used on flat rails or on U shape rails. The second type is flanged and is mainly used for large power transformers and intended to be used over railway or crane type rails. The selection of the wheels depends on the material of the wheel and of the rail, as neither the wheel nor the rail shall be damaged by the static and moving forces.

NOTE 1 In some cases, the wheels will be used for the positioning of the transformer on the service bay. After positioning of the transformer, the wheels will be removed.

NOTE 2 If the customer specifies no wheels, the transformer will be delivered without wheels or fixing device for wheels.

B.2 Theory of contact

B.2.1 Maximum load

When two solids are in contact with each other without interpenetration, both get deformed and the contact surface is an ellipse. The pressure between the two elements varies depending on the point of the ellipse. For a cylinder on a plane this ellipse becomes a rectangular interface, see Figure B.1.

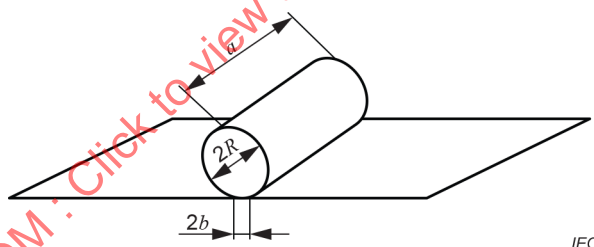


Figure B.1 – Contact surface between a wheel and a plane

The length of the small axis of the contact ellipse is $2b$ with b defined by the following equation.

$$b = 2 \sqrt{\left(\frac{1-\nu_w^2}{\pi E_w} + \frac{1-\nu_r^2}{\pi E_r} \right) \times \frac{F_g}{a} \times R} \quad (\text{B.1})$$

And the maximum pressure at the centre of the contact surface is

$$p_0 = \frac{F_g}{\pi ab} = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{1-\nu_w^2}{\pi E_w} + \frac{1-\nu_r^2}{\pi E_r} \right)}} \cdot \frac{F_g}{a} \cdot \frac{1}{R} \quad (\text{B.2})$$

where

R is the radius of the wheel;

a is the width of the wheel;

E_w is the modulus of elasticity (Young) of the wheel;

E_r is the modulus of elasticity (Young) of the rail;

ν_w is the Poisson coefficient of the wheel;

ν_r is the Poisson coefficient of the rail;

F_g is the load of the wheel.

The units used in the formula shall be consistent.

In order not to damage any of the material, the pressure p_o shall remain below the maximum allowable contact pressure; therefore the maximum acceptable load $F_{g,max}$ on a wheel is expressed as follows:

$$F_{g,max} = \pi^2 p_c^2 \times \left(\frac{1-\nu_w^2}{\pi E_w} + \frac{1-\nu_r^2}{\pi E_r} \right) aR \quad (B.3)$$

where

p_c is the maximum contact pressure.

The maximum contact pressure depends on the hardness of the softest materials usually expressed as Brinell hardness HBW, translated into MPa.

The maximum pressure is therefore $p_c = 10$ HBW.

If the tracks and the wheels are built according to this rule, the rail and wheels may exhibit a slight permanent deformation which remains acceptable for substation application. For heavy duty service tracks, high width of the rails and wheels as well as materials with high hardness should be privileged. See B.3.3.1 for reference.

B.2.2 Traction force

The force to apply parallel to the rails depends on several parameters, most of them being usually unknown, such as the quality and status of the bearings and possible deformations of the rails or wheel. Nevertheless, the theory of contact allows determination of the minimum value of such a required force, see Figure B.2.

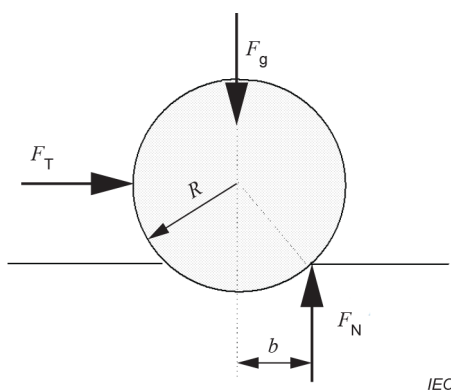


Figure B.2 – Traction force

The horizontal force depends on the contact width as calculated in B.2.1 and is expressed by

$$F_T = \frac{b}{R} F_N \quad (\text{B.4})$$

where

b is half of the contact width;

F_T is the traction force originated by the deformation of rail and wheels;

F_N is the vertical force at the moving point.

For usual applications, the diameter of the wheel is very large compared to the contact width and the formula can be approximate by substituting F_N with F_g , the load of the wheel, and be expressed as:

$$F_T \approx \frac{b}{R} F_g \quad (\text{B.5})$$

The friction of the bearings of the wheel axis is usually negligible.

B.3 Wheel dimensions and gauges

B.3.1 Pitch and gauge

The distance between the wheels may be defined either as the pitch between the wheels' centre axis or as the rail gauge, the difference being given by the rail width, see Figure B.3.

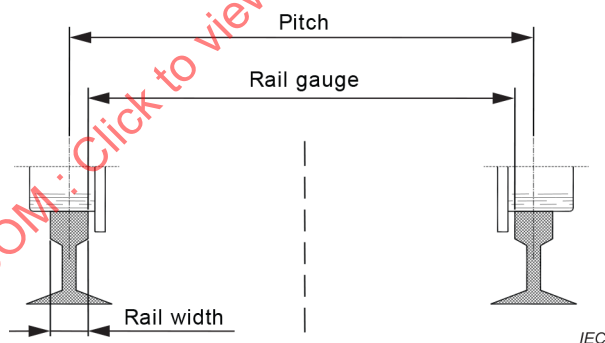
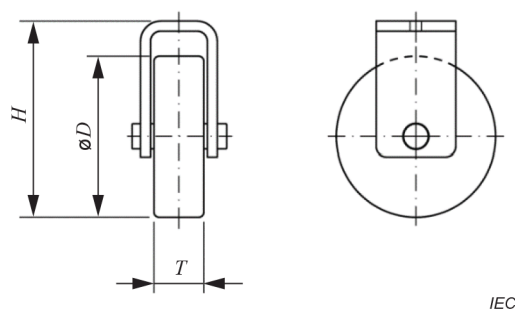


Figure B.3 – Pitch and gauge

B.3.2 Non-flanged wheel

The wheel assembly, called W1 type, is composed of a wheel plate in order to fix the assembly to the bottom of the transformer and one wheel as described in the Figure B.4.



IEC

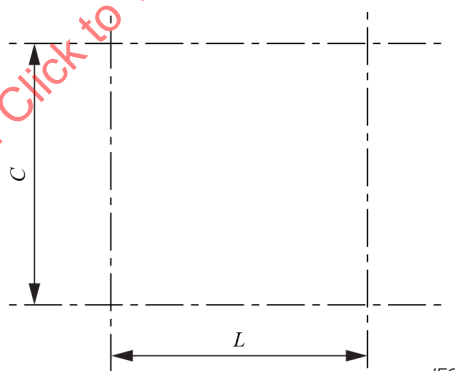
Figure B.4 – Non-flanged wheel assembly type W1

The preferred dimensions are given in the Table B.1.

Table B.1 – W1 wheel assembly dimensions*Dimensions in millimetres*

Type	Wheel width $T \pm 2$	Wheel diameter $D \pm 1$	Height $H \pm 2$
W1 – A	40	125	152
W1 – B	50	160	195
W1 – C	70	200	230

As the types of wheel assemblies in Table B.1 have no flange they are defined by their pitch in order to be able to roll on U shape rails. The standard pitches are as per Table B.2 according to the transformer's rated power with definition of pitch as per Figure B.5. Usually the transformer axes are centred on the wheel axis.



IEC

Figure B.5 – Wheel assembly type W1, top view of longitudinal and cross pitch

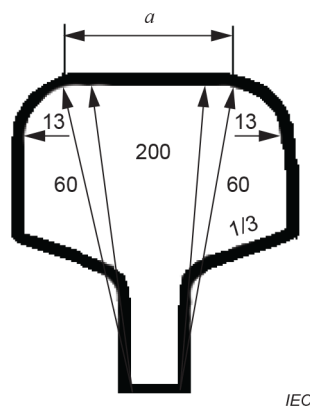
Table B.2 – Wheel W1 pitches

Rated power S_r kVA	Longitudinal pitch – single track mm L	Cross pitch mm C
$S_r \leq 250$	520 ± 2	520 ± 2
$250 < S_r \leq 630$	670 ± 2	670 ± 2
$630 < S_r \leq 1\,250$	670 ± 2	670 ± 2
	820 ± 2	820 ± 2
$1\,250 < S_r \leq 1\,600$	820 ± 2	820 ± 2
$1\,600 < S_r \leq 3\,150$	820 ± 2	820 ± 2
	$1\,070 \pm 2$	$1\,070 \pm 2$
$3\,150 < S_r \leq 10\,000$	$1\,070 \pm 2$	$1\,070 \pm 2$

B.3.3 Flanged wheel**B.3.3.1 Type of rails**

The flanged wheels are normally used on railway or crane type rails. International Standard ISO 5003:2016 gives examples of rails commonly used in Europe. It is to be noted that due to the profile of the rails and to the different HBW not all the wheels will be suitable for all the rails. It is advisable that the user inform the manufacturer of the type and quality of rail which will be used for the transformer support.

The usual railway type rails have an HBW ranging from 200 to 440, and a resting surface (the flat part on the top of the rail) varying from 15 mm for the type 49E1 to more than 41 mm for the 54E4. Usually the transformer will rest on "Vignole type" rails 46E2, 55E1 or 60E1, which all have a resting surface of about 20 mm and a width between 62 mm and 72 mm. Resting on crane type rails such as Burbach is also common, see Figure B.6 and Figure B.7.

**Figure B.6 – Vignole type rail profile**

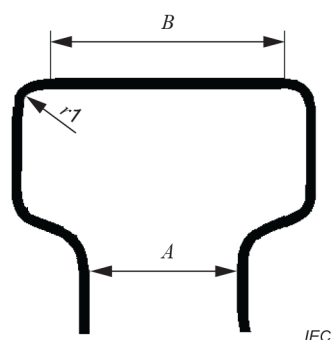


Figure B.7 – Burbach rail profile

Examples of common rail dimensions and HBW are given in Table B.3.

Table B.3 – Rail resting surface

Name	46E2	46E4	50E1	50E4	50E5	50E6	55E1	60E1
a mm	27,9	38,3	30,9	20,0	40,47	30,9	27,9	20,4

The steel name reflects the HBW value and is usually chosen from among R200, R220, R260, R350, R400.

The relationship between the flange of the wheel, the pitch of the wheels, and the gauge of the rail is highly dependent on the rail profile and wheel flange profile. Figure B.8 explains this relationship knowing that a minimum gap is required between the flange and the rail.

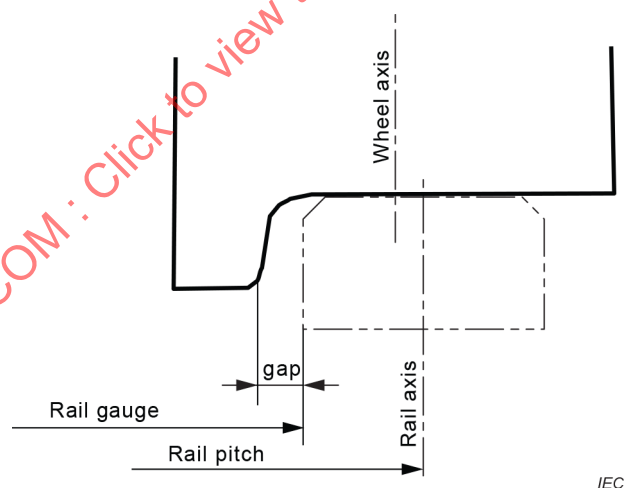


Figure B.8 – Wheel and rail positions

The gap in Figure B.8 depends on the shape of the wheel and the curves of the rail track. For a round shape wheel profile as shown in Figure B.10 and straight track, a gap of 2,5 mm is usually sufficient.

B.3.3.2 Flanged single wheels

The wheel assembly, called W2 for single wheel assembly, is composed of a wheel plate in order to fix the assembly to the bottom of the transformer and one flanged wheel as shown in Figure B.9.

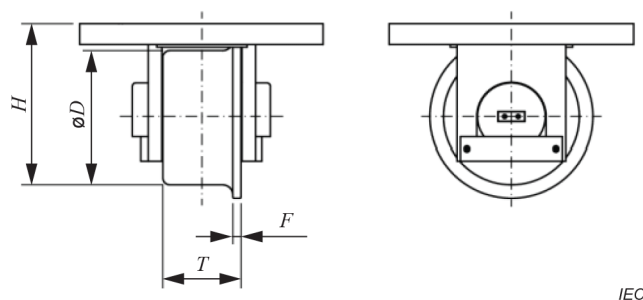


Figure B.9 – Single wheel flanged type W2

The dimensions of the wheel assembly should be in accordance with Table B.4. The profile of the wheels depends on the interface between the rail and the wheel and should be chosen by the manufacturer and agreed by the purchaser. For instance a round shape according to Figure B.10 or a sharper shape can be chosen if suitable for the rail type.

Table B.4 – Flanged single wheel dimensions

Dimensions in millimetres

Type	Wheel width T	Wheel diameter D	Height H
W2 – A	115	200	240
W2 – B	130	250	300
W2 – C	130	300	350
W2 – D	125	315	365
W2 – E	145	380	525
W2 – F	125	400	455
W2 – G	125	500	555

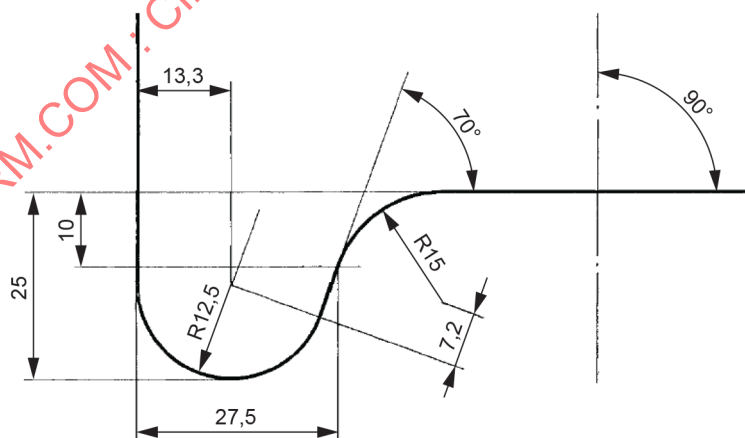


Figure B.10 – Example of round shape wheel profile

B.3.3.3 Flanged double wheels

The double wheel assembly, called W3, is composed of a wheel plate in order to fix the assembly to the bottom of the transformer and two flanged wheels as shown in Figure B.11.

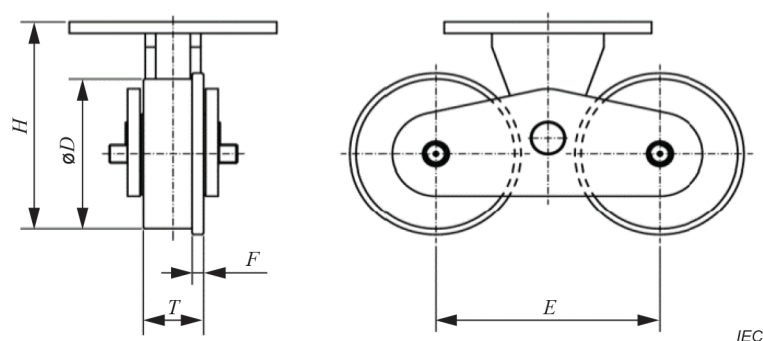


Figure B.11 – Double wheel flanged type W3

The dimensions of the wheel assembly should be in accordance with Table B.5.

The profile of the wheels depends on the interface between the rail and the wheel and should be chosen by the manufacturer and agreed by the purchaser. For instance, round shape according to Figure B.10 or sharper shape can be chosen if suitable for the rail type.

Table B.5 – Flanged double wheel dimensions

Dimensions in millimetres

Type	Wheel width T	Wheel diameter D	Height H	Wheel centre interaxis E
W3 – A	115	200	285	250
W3 – B	130	250	350	310
W3 – C	130	300	420	390
W3 – D	125	315	400	430
W3 – E	145	380	525	600
W3 – F	125	400	485	525
W3 – G	125	500	590	625

B.3.3.4 Moving tracks

For the cross direction (narrow side of the transformer), most of the time the tracks are according to the railway gauge as drawn in Figure B.12 and its dimensions are according to Table B.6.

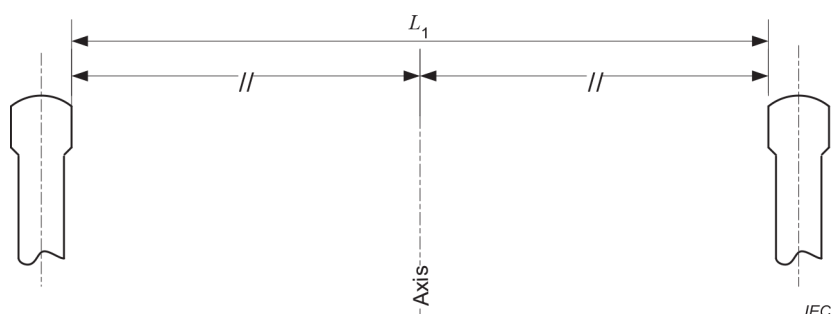


Figure B.12 – Cross side track

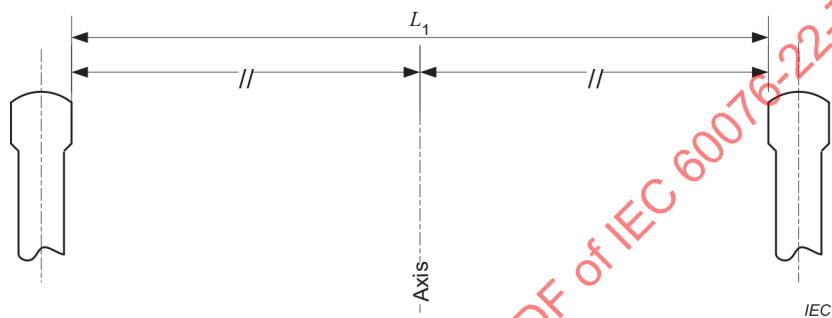
Table B.6 – Rail gauge for cross side track

Gauge L_1 mm
1 435

B.3.3.5 Resting tracks

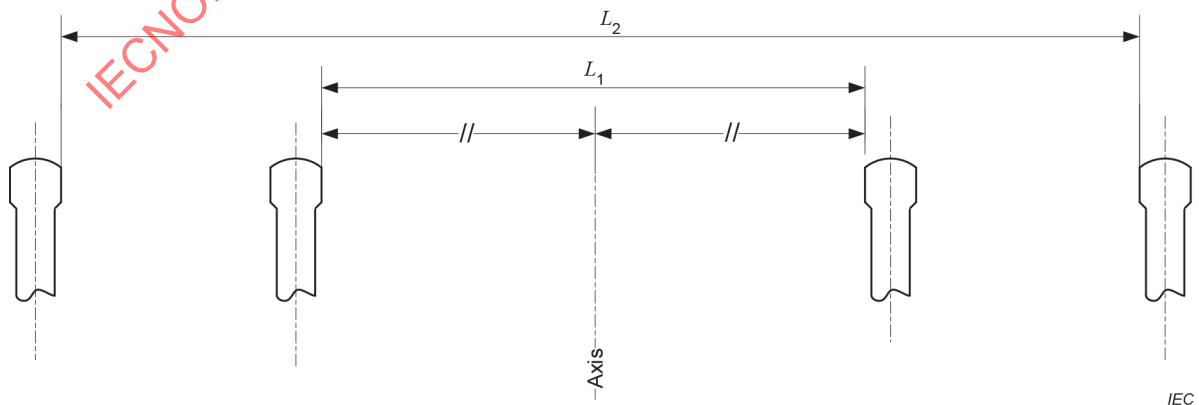
The railway of the substation's bay may have a single track or a double track.

Single track rail arrangement is in accordance with Figure B.13 and Table B.7.

**Figure B.13 – Single side track****Table B.7 – Rail gauges for single track**

Gauge L_1 mm
1 435
2 940

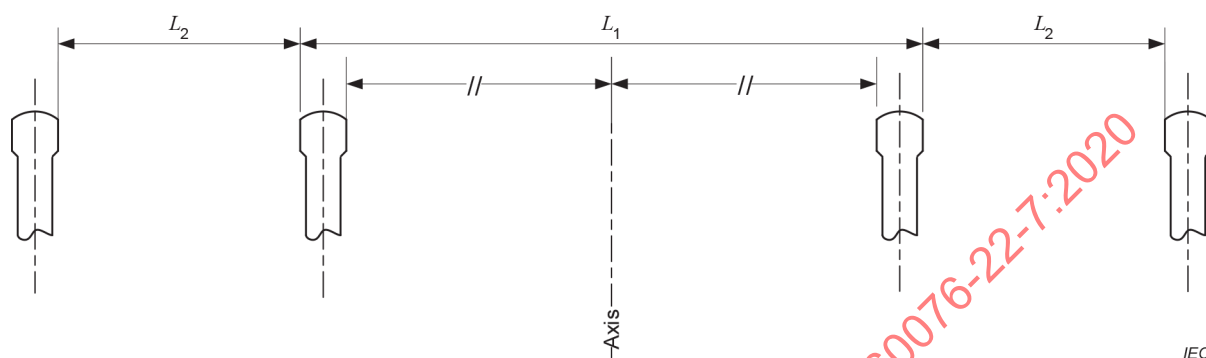
For the double track arrangement, tracks can be either the concentric tracks as per Figure B.14 or two parallel tracks as per Figure B.15; their gauges are according to Table B.8 and Table B.9, respectively.

**Figure B.14 – Concentric double tracks**

For concentric tracks, the preferred gauges are as per Table B.8.

Table B.8 – Rail gauges for concentric tracks

Gauge	
L_1 mm	L_2 mm
2 940	5 940

**Figure B.15 – Parallel double tracks**

For parallel tracks, the preferred gauges are as per Table B.9.

Table B.9 – Rail gauges for parallel tracks

Gauge	
L_1 mm	L_2 mm
3 072	1 435

As the pitch depends on the rail used it is not recommended to specify a pitch; a gauge is preferred, as a gauge will allow interoperability among different types of rails.

Annex C (informative)

Sizing of conventional types of dehydrating breather – Guide for calculation of breather size

The breather size (silica gel content) is directly related to the requested maintenance interval, the quantity of oil in the transformer and the operating conditions, according to following formula:

$$\text{Silica gel content [kg]} = (\beta \times V \times \Delta t \times A \times M) / S$$

- β [1/K] = expansion coefficient of the insulating liquid
- V [dm³] = volume of insulating liquid in the transformer
- Δt [K] = total average temperature reduction during a 24 h period of the insulating liquid due to load fluctuations, cooling and ambient temperature variations
- A [g/m³] = water vapour contents of the ambient air inspired during temperature reduction by the transformer; Table C.1 gives this value related to ambient temperature and relative humidity.
- M = requested maintenance interval in days
- S [g/kg] = absorbing capacity of water vapour of dehydrating agent to saturation

Example of calculation:

- β [1/K] = $7,4 \times 10^{-4}$; this value is typical for mineral oil
- V [m³] = 84
- Δt [K] = 20
- A [g/m³] = 6,88; this value corresponds to 40 % relative humidity at 20 °C air temperature
- M = 365
- S [g/kg] = 150; typical value for silica gel

$$\text{Silica gel content} = (7,4 \times 10^{-4} \times 84\,000 \times 20 \times 6,88 \times 365) / 150 = 20,8 \text{ kg}$$

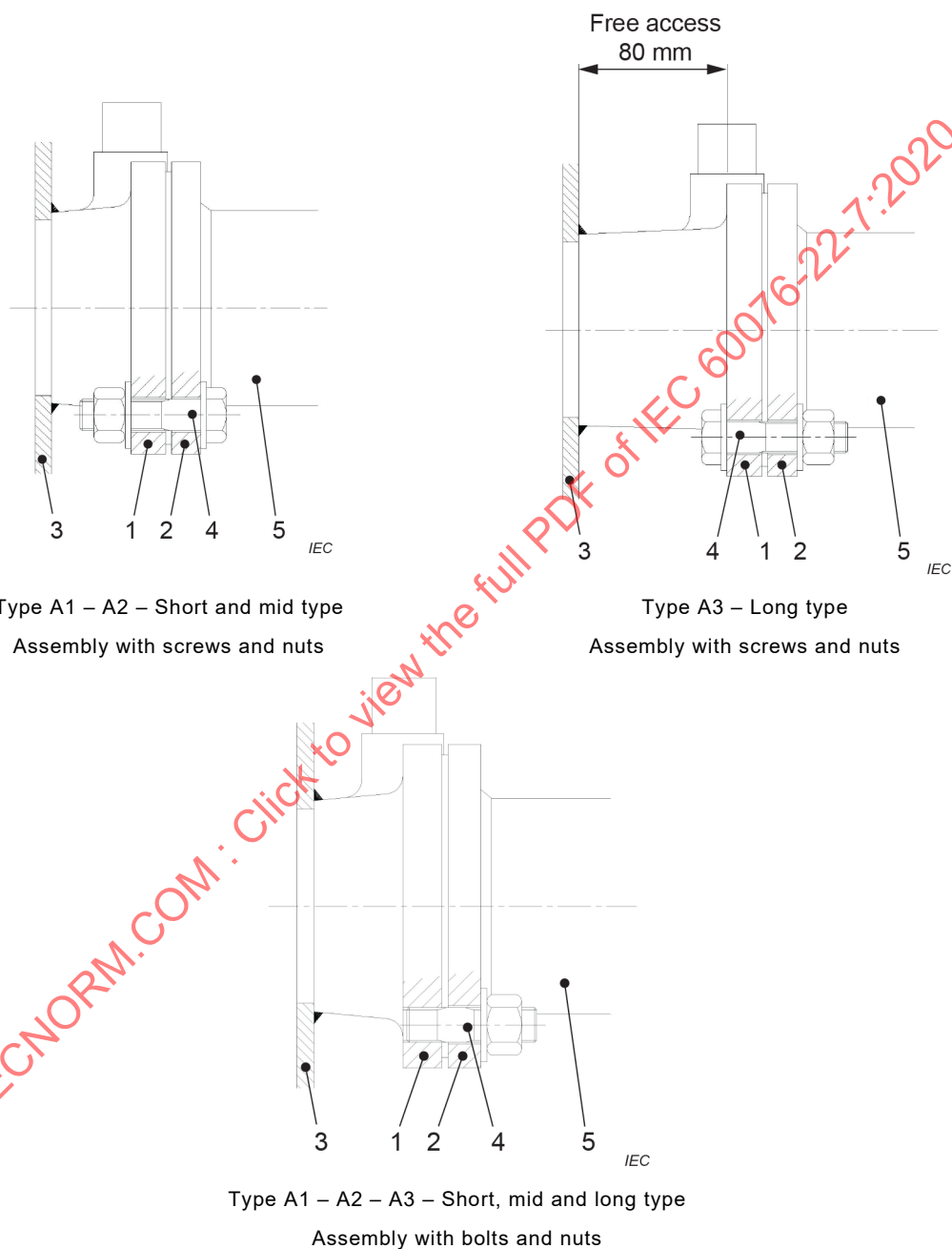
Table C.1 – Mass of water, in grams, contained in one cubic metre of air

	Relative humidity									
C°	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %
0°	0,49	0,98	1,47	1,96	2,45	2,94	3,43	3,92	4,40	4,90
1	0,52	1,04	1,56	2,08	2,60	3,12	3,64	4,16	4,70	5,20
2	0,56	1,12	1,68	2,24	2,80	3,36	3,92	4,48	5,00	5,60
3	0,60	1,20	1,80	2,40	3,00	3,60	4,20	4,80	5,40	6,00
4	0,64	1,28	1,91	2,56	3,20	3,84	4,48	5,12	5,80	6,40
5	0,68	1,36	2,04	2,72	3,40	4,08	4,76	5,44	6,10	6,80
6	0,73	1,46	2,19	2,92	3,65	4,38	5,11	5,84	6,60	7,30
7	0,77	1,54	2,31	3,08	3,85	4,62	5,39	6,16	6,90	7,70
8	0,83	1,66	2,49	3,32	4,15	4,98	5,81	6,64	7,50	8,30
9	0,88	1,76	2,64	3,52	4,40	5,28	6,16	7,04	7,90	8,80
10	0,94	1,87	2,82	3,76	4,70	5,64	6,58	7,52	8,50	9,40
11	0,99	1,99	2,98	3,98	4,97	5,97	6,96	7,96	8,90	9,90
12	1,06	2,12	3,18	4,24	5,30	6,36	7,42	8,48	9,50	10,60
13	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,78	7,91	9,04	10,20	11,30
14	1,20	2,40	3,60	4,80	6,00	7,30	8,40	9,60	10,80	12,00
15	1,28	2,56	3,84	5,12	6,40	7,68	8,96	10,20	11,50	12,80
16	1,366	2,72	4,09	5,44	6,80	8,16	9,52	10,90	12,20	13,60
17	1,45	2,89	4,33	5,78	7,22	8,67	10,10	11,60	13,00	14,50
18	1,54	3,07	4,61	6,14	7,68	9,22	10,80	12,30	13,80	15,40
19	1,63	3,25	4,88	6,51	8,13	9,76	11,40	13,00	14,60	16,30
20	1,72	3,44	5,16	6,88	8,60	10,30	12,00	13,80	15,50	17,20
21	1,82	3,65	5,48	7,30	9,13	11,00	12,80	14,60	16,40	18,20
22	1,93	3,87	5,80	7,74	9,67	11,60	13,50	15,50	17,40	19,30
23	2,05	4,10	6,15	8,20	10,25	12,30	14,30	16,40	18,40	20,50
24	2,17	4,34	6,51	8,68	10,85	13,00	15,20	17,40	19,50	21,70
25	2,29	4,58	6,87	9,16	11,45	13,70	16,00	18,30	20,60	22,90
26	2,42	4,84	7,26	9,68	12,10	14,00	16,90	19,40	21,80	24,20
27	2,56	5,12	7,68	10,25	12,80	15,40	17,90	20,50	23,00	25,60
28	2,71	5,42	8,13	10,85	13,50	16,30	19,00	21,70	24,40	27,50
29	2,86	5,72	8,58	11,44	14,30	17,20	20,00	22,90	25,70	28,60
30	3,02	6,04	9,05	12,10	15,10	18,10	21,10	24,10	27,20	30,20
31	3,18	6,36	9,54	12,70	15,90	19,10	22,20	25,40	28,60	31,80
32	3,35	6,71	10,06	13,40	16,80	20,10	23,50	26,80	30,10	33,50
33	3,56	7,08	10,60	14,20	17,70	21,20	24,80	28,30	31,80	35,40
34	3,73	7,46	11,20	14,90	18,70	22,40	26,10	29,80	33,60	37,30
35	3,94	7,88	11,80	15,80	19,70	23,60	27,60	31,50	35,40	39,40
36	4,15	8,30	12,45	16,60	20,80	24,90	29,00	33,20	37,30	41,50
37	4,37	8,74	13,20	17,50	21,90	26,20	30,60	35,00	39,30	43,70
38	4,60	9,20	13,80	18,40	23,00	27,60	32,70	36,80	41,40	46,00
39	4,84	9,68	14,50	19,40	24,20	29,00	33,90	38,70	43,60	48,40
40	5,08	10,20	15,30	20,40	25,40	30,50	35,60	40,70	45,80	50,90
50	8,27	10,20	18,30	20,40	25,40	30,50	35,60	40,70	45,80	50,90
60	13,00	26,00	39,00	52,00	65,00	78,00	91,00	104,00	117,00	130,00

Annex D (normative)

Butterfly valve types

D.1 Butterfly valve types A1, A2 and A3 assembled by welding on tank wall



Key

- 1 Butterfly valve
- 2 Flange
- 3 Transformer tank
- 4 Screw – bolt
- 5 Pipeline – radiator

Figure D.1 – Assembly layout of butterfly valves, type A1, A2 and A3

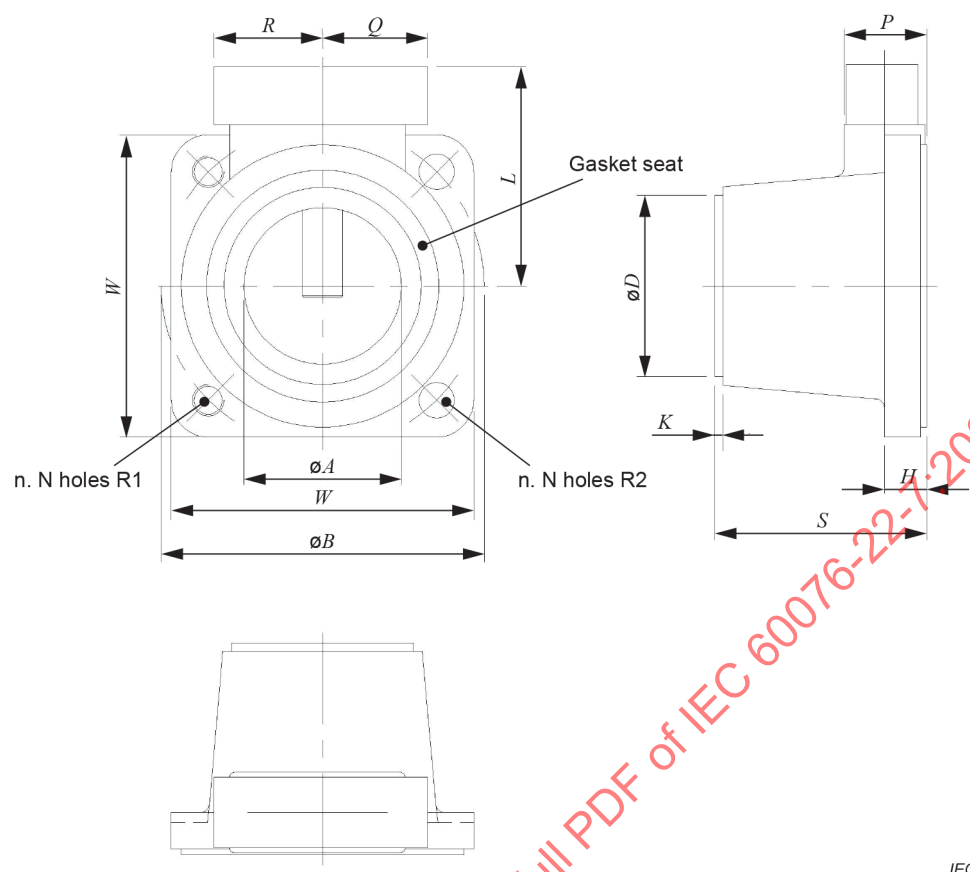


Figure D.2 – Butterfly valves, type A1, A2 and A3

Table D.1 – Dimensions of butterfly valves, types A1, A2 and A3

Dimensions in millimetres

Type	DN	ΦA	W	ΦB	N	R1	R2	ΦD	K	S	H	L (max.)	P (max.)	Q (max.)	R (max.)
A1T-50 short	50	51	125	125	4	M16		63	6	70	14	110	40	52	52
A1H-50 short	50	51	125	125	4		$\Phi 18$	63	6	70	14	110	40	52	52
A1T-80 short	80	78	150	160	4	M16		90	8	70	21	120	42	52	52
A1H-80 short	80	78	150	160	4		$\Phi 18$	90	8	70	21	120	42	52	52
A2T-80 mid	80	78	150	160	4	M16		90	4	85	21	120	42	52	52
A2H-80 mid	80	78	150	160	4		$\Phi 18$	90	4	85	21	120	42	52	52
A3T-80 long	80	78	150	160	4	M16		90	4	105	21	120	42	52	52
A3H-80 long	80	78	150	160	4		$\Phi 18$	90	4	105	21	120	42	52	52

D.2 Butterfly valve types B1 and B2 assembled between tank wall and pipeline and on pipeline

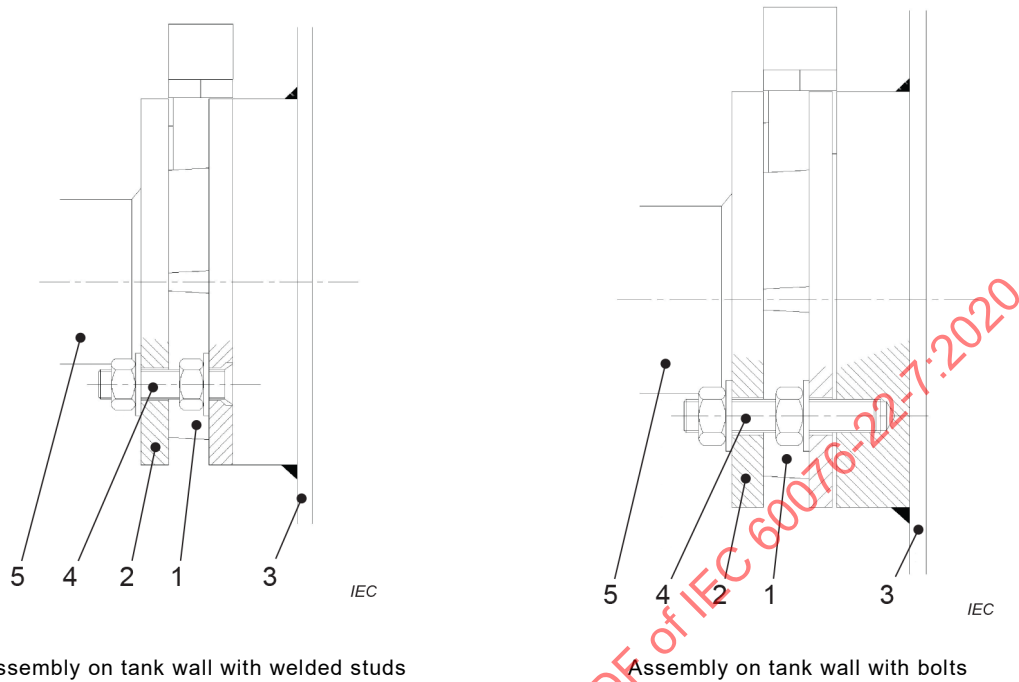
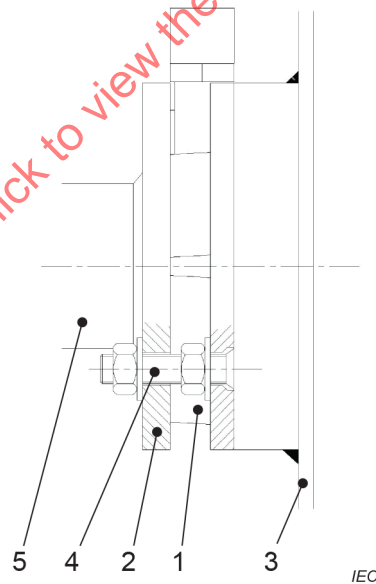


Figure D.3 – Assembly layout of butterfly valves type B1 and B2 between tank wall and pipeline



Key

- 1 Butterfly valve
- 2 Flange
- 3 Transformer tank
- 4 Screw bolt
- 5 Pipeline radiator

Figure D.4 – Assembly layout of butterfly valves type B1 and B2 on pipeline

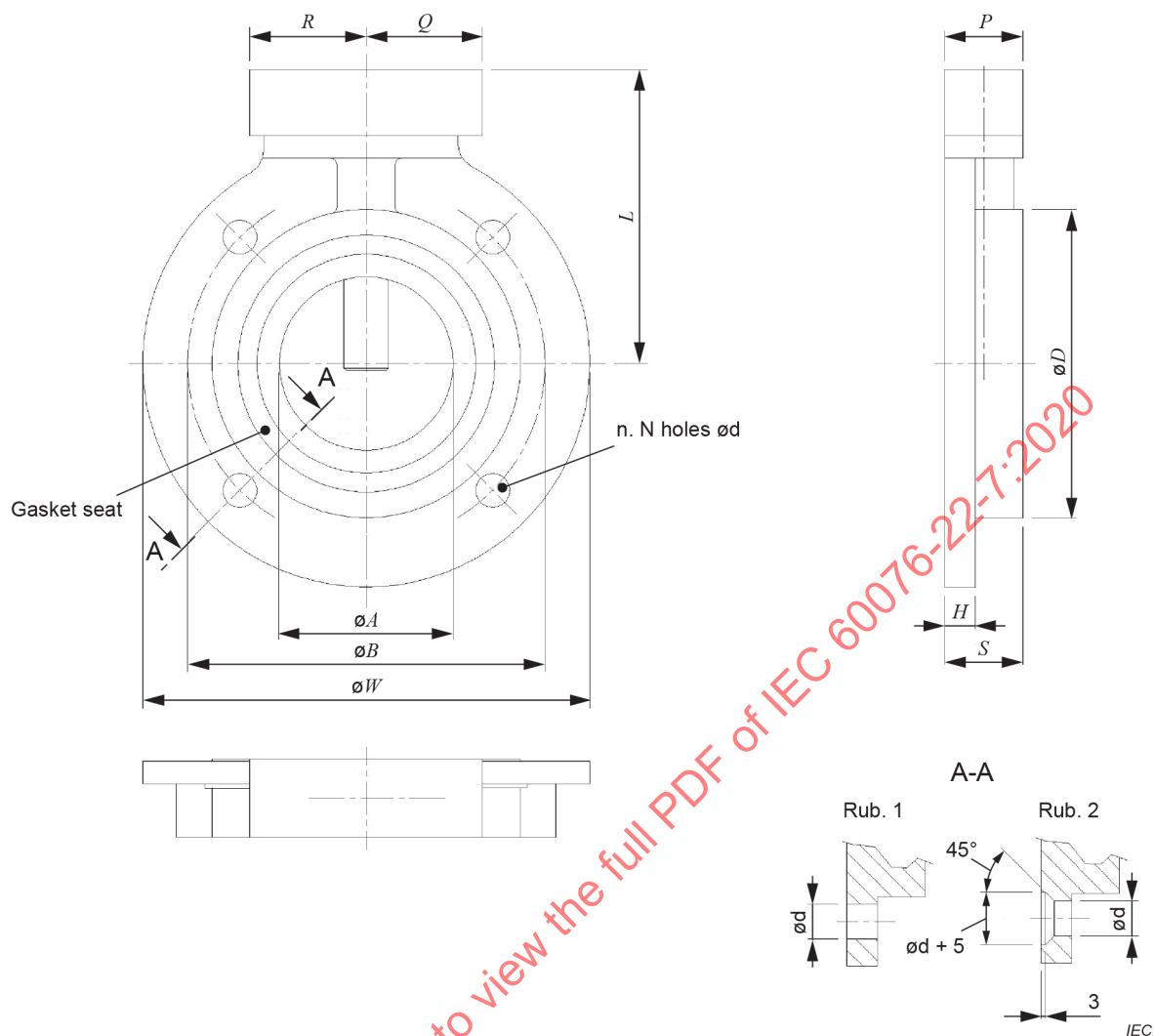


Figure D.5 – Butterfly valves, type B1

Table D.2 – Dimensions of butterfly valves, type B1

Dimensions in millimetres

Type	DN	$\varnothing A$	$\varnothing B$	$\varnothing W$	$\varnothing D$	N	$\varnothing d$	H	S	L (max.)	P (max.)	Q (max.)	R (max.)
B1 – DN 80	80	78	160	200	122	4	18	13	35	145	35	52	52
B1 – DN 80/8	80	78	160	200	122	8	18	13	35	150	35	52	52
B1 – DN 100	100	98	180	220	142	8	18	14	35	155	35	52	52
B1 – DN 125	125	124	210	250	172	8	18	17	40	175	40	76	76
B1 – DN 150	150	149	240	285	195	8	22	17	40	195	40	76	76
B1 – DN 175	175	174	270	315	225	8	22	18	40	210	40	76	76
B1 – DN 200	200	198	295	340	250	8	22	30	60	245	60	76	76
B1 – DN 250	250	249	350	395	305	12	22	32	65	270	65	91	91
B1 – DN 300	300	299	400	445	355	12	22	35	65	295	65	91	91

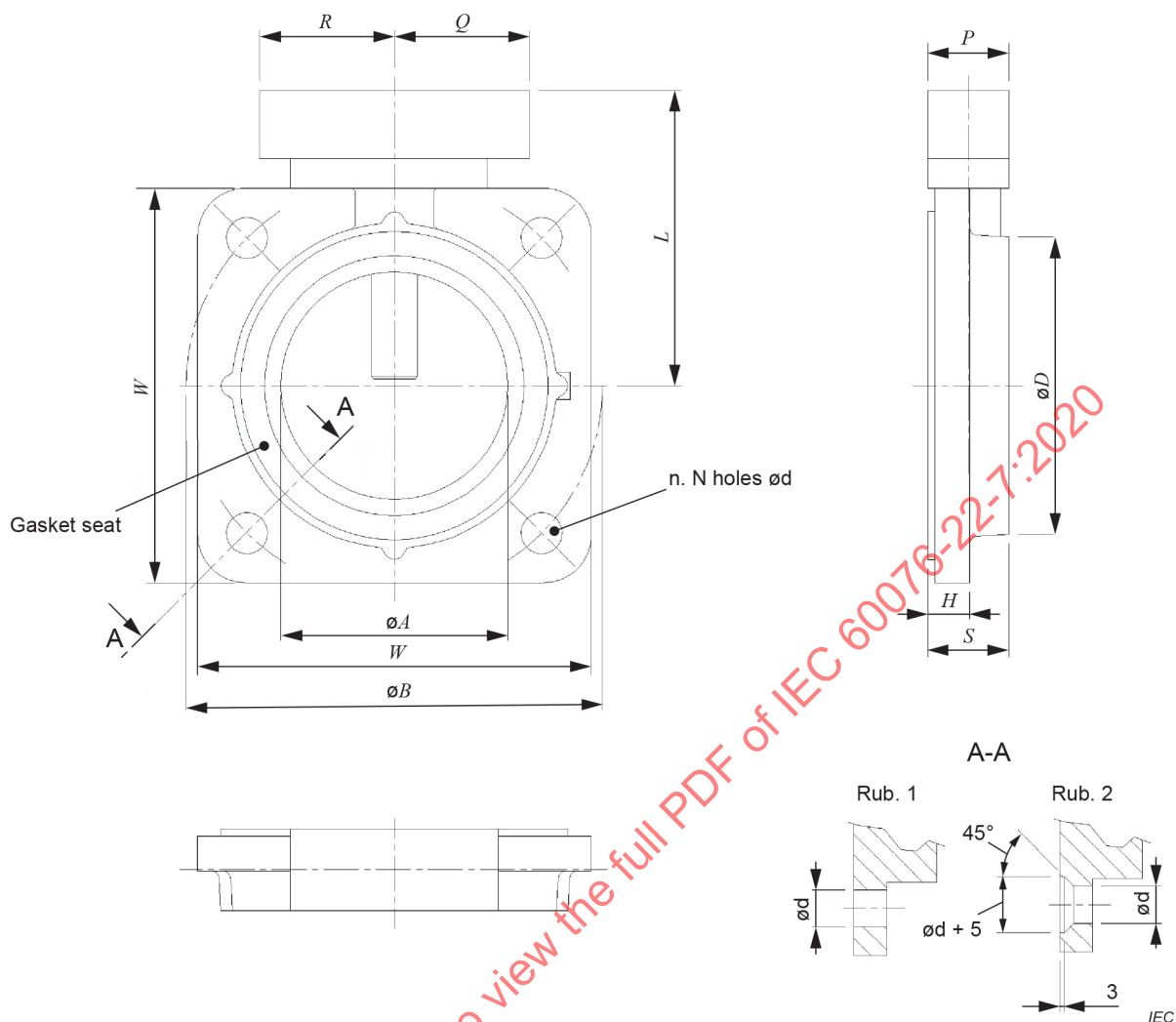


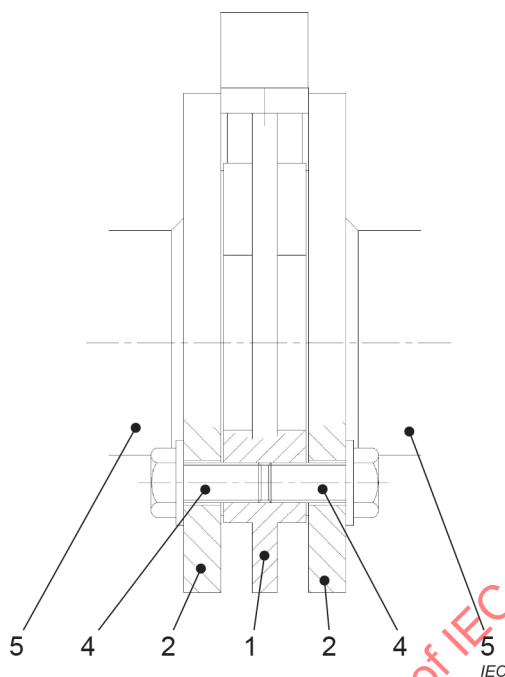
Figure D.6 – Butterfly valves, type B2

Table D.3 – Dimensions of butterfly valves, type B2

Dimensions in millimetres

Type	DN	ØA	W	ØB	N	Ød	ØD	H	S	L (max.)	P (max.)	Q (max.)	R (max.)
B2/35 – DN 80	80	78	150	160	4	18	122	14	35	125	35	52	52
B2/40 – DN 80	80	80	150	160	4	18	120	21	40	125	40	52	52
B2 – DN100	100	98	170	180	4	18	140	18	35	135	35	52	52

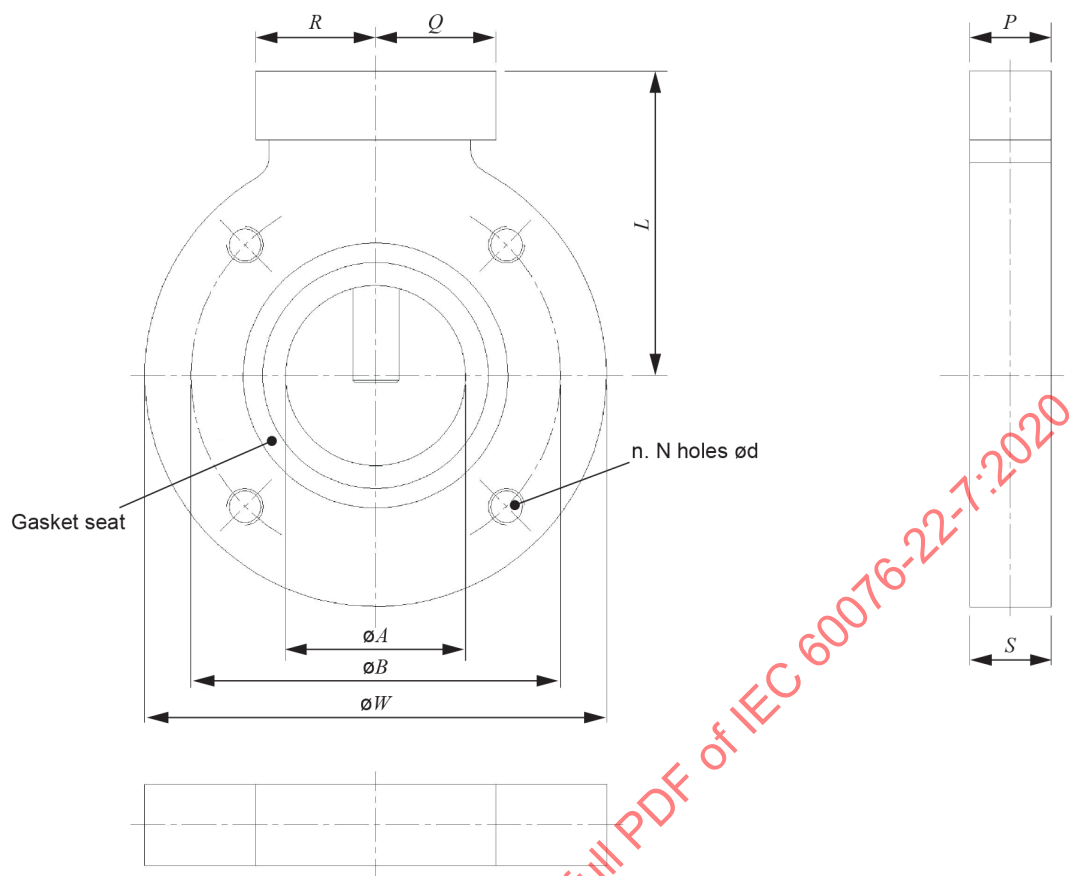
D.3 Butterfly valves types C1 and C2 assembled on pipeline

**Key**

- 1 Butterfly valve
- 2 Flange
- 3 Transformer tank
- 4 Screw – bolt – stud
- 5 Pipeline – radiator

Assembly on pipeline between flanges.

Figure D.7 – Assembly layout of butterfly valves type C1 and C2 on pipeline



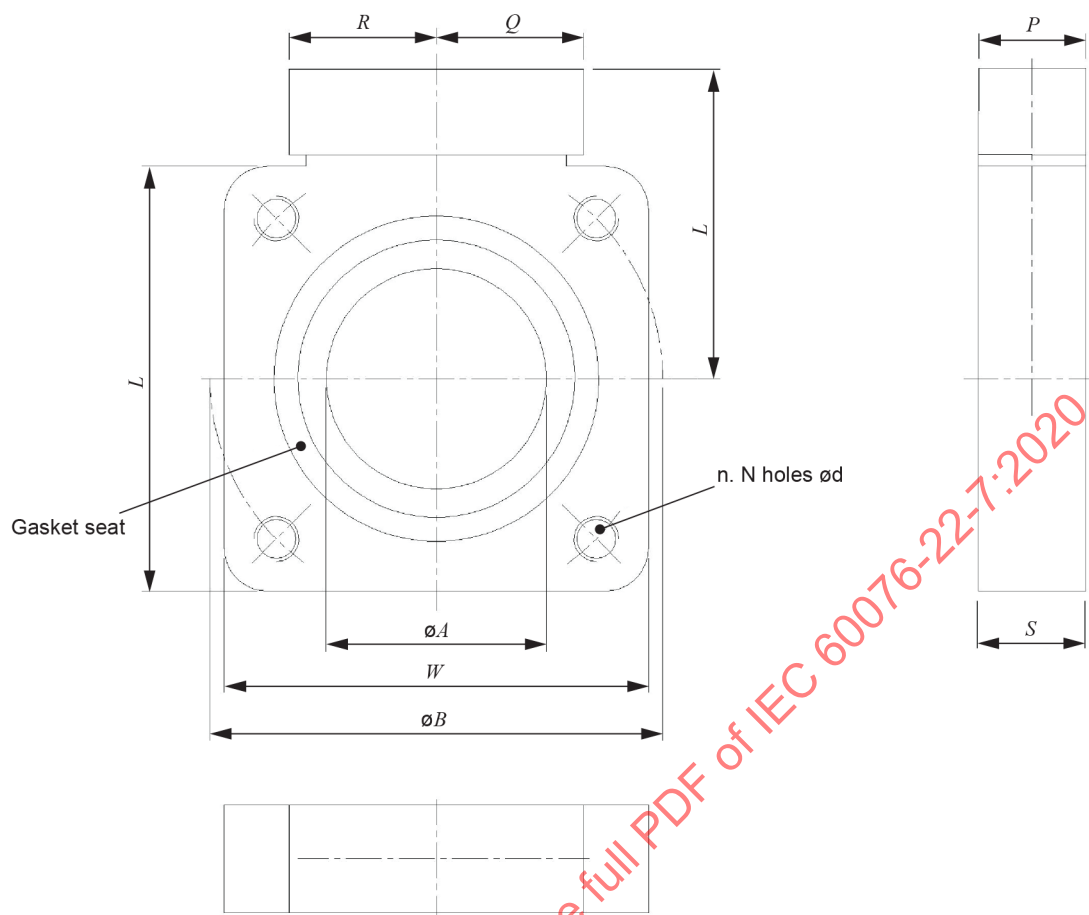
IEC

Figure D.8 – Butterfly valves, type C1

Table D.4 – Dimensions of butterfly valves type C1

Dimensions in millimetres

Type	DN	ϕA	ϕB	ϕW	N	ϕd	S	L (max.)	P (max.)	Q (max.)	R (max.)
C1 – DN 25	25	28	85	115	4	M12	35	95	35	52	52
C1 – DN 50	50	51	125	165	4	M16	35	120	35	52	52
C1 – DN 80	80	78	160	200	4	M16	35	140	35	52	52
C1 – DN 80/8	80	78	160	200	8	M16	35	140	35	52	52
C1 – DN 100	100	98	180	220	8	M16	35	150	35	52	52
C1 – DN 125	125	124	210	250	8	M16	40	175	40	76	76
C1 – DN 150	150	149	240	285	8	M20	40	195	40	76	76
C1 – DN 175	175	174	270	315	8	M20	40	208	40	76	76
C1 – DN 200	200	198	295	340	8	M20	40	219	40	76	76
C1 – DN 250	250	249	350	395	12	M20	40	244	40	76	76
C1 – DN 300	300	299	400	445	12	M20	60	270	60	91	91



IEC

Figure D.9 – Butterfly valves, type C2

Table D.5 – Dimensions of butterfly valves, type C2

Dimensions in millimetres

Type	DN	$\varnothing A$	W	$\varnothing B$	N	$\varnothing d$	S	L (max.)	P (max.)	Q (max.)	R (max.)
C2 – DN 50	50	51	120	125	4	M16	35	105	35	52	52
C2 – DN 80	80	78	150	160	4	M16	35	120	35	52	52
C2 – DN 100	100	98	170	180	4	M16	35	125	35	52	52

Annex E (normative)

Gaskets and gasket seats

E.1 General

For the dimensions of each gasket seat, Table E.1 and Table E.2 give the ISO 3601-1 reference and dimensions as well as equivalent commercial references.

E.2 Gasket seats and gaskets for butterfly valve types A1, A2, A3, C1 and C2

Gasket seats are designed to be compatible with ISO PN 10 slip-on flanges.

**Table E.1 – Gasket seat dimensions and gasket types and dimensions
for butterfly valves types A1, A2, A3, C1 and C2**

DN	Flange gaskets			Equivalent commercial references
	Seat mm	O-ring gasket		
		References	Dimensions Ø int × cord × Ø ext mm	
25	44,2 × 58,2 × 3,6	ISO 3601-1, 328	46,99 × 5,33 × 57,65	OR6187 – BS328 – R31
50	70,0 × 84,0 × 3,6	ISO 3601-1, 336	72,39 × 5,33 × 83,05	OR6287 – BS336 – R39
80	98,5 × 112,5 × 3,6	ISO 3601-1, 345	100,97 × 5,33 × 111,65	OR6400 – BS345 – R48
100	128,5 × 147,3 × 4,7	ISO 3601-1, 431	132,72 × 6,99 × 146,70	OR8525 – BS431 – R59
125	154,2 × 173,0 × 4,7	ISO 3601-1, 438	158,12 × 6,99 × 172,10	OR8625 – BS438 – R66
150	186,0 × 204,8 × 4,7	ISO 3601-1, 443	189,87 × 6,99 × 203,85	OR8750 – BS443 – R71
175	211,5 × 230,3 × 4,7	ISO 3601-1, 446	215,27 × 6,99 × 229,25	OR8850 – BS446 – R74
200	237,0 × 255,8 × 4,7	ISO 3601-1, 448	240,67 × 6,99 × 254,65	OR8950 – BS448 – R76
250	287,5 × 306,3 × 4,7	ISO 3601-1, 452	291,47 × 6,99 × 305,45	OR81150 – BS452 – R80
300	338,5 × 357,3 × 4,7	ISO 3601-1, 456	342,27 × 6,99 × 356,25	OR81350 – BS456 – R84

E.3 Gasket seats and gaskets for butterfly valve types B1 and B2

**Table E.2 – Gasket seats dimensions and gasket types
and dimensions for butterfly valves types B1 and B2**

DN	Flange gaskets			Equivalent commercial references
	Seat mm	O-ring gasket		
		References	Dimensions Ø int × cord × Ø ext mm	
25	34,7 × 48,7 × 3,6	ISO 3601-1, 325	37,47 × 5,33 × 48,13	OR6150 – BS325 – R28
50	70,0 × 84,0 × 3,6	ISO 3601-1, 336	72,39 × 5,33 × 83,05	OR6287 – BS336 – R39
80	98,5 × 112,5 × 3,6	ISO 3601-1, 345	100,97 × 5,33 × 111,65	OR6400 – BS345 – R48
100	115,7 × 134,5 × 4,7	ISO 3601-1, 427	120,02 × 6,99 × 134,00	OR8475 – BS427 – R55
125	141,5 × 160,3 × 4,7	ISO 3601-1, 435	145,42 × 6,99 × 159,40	OR8575 – BS435 – R63
150	167,0 × 185,8 × 4,7	ISO 3601-1, 440	170,82 × 6,99 × 184,80	OR8675 – BS440 – R68
175	186,0 × 204,8 × 4,7	ISO 3601-1, 443	189,87 × 6,99 × 203,85	OR8750 – BS443 – R71
200	211,5 × 230,3 × 4,7	ISO 3601-1, 446	215,27 × 6,99 × 229,25	OR8850 – BS446 – R74
250	275,0 × 293,8 × 4,7	ISO 3601-1, 451	278,77 × 6,99 × 292,75	OR81100 – BS451 – R79
300	325,5 × 344,3 × 4,7	ISO 3601-1, 455	329,57 × 6,99 × 343,55	OR81300 – BS455 – R83

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60076-22-7:2020

Annex F (informative)

Terminal boxes – Preferred mounting dimensions

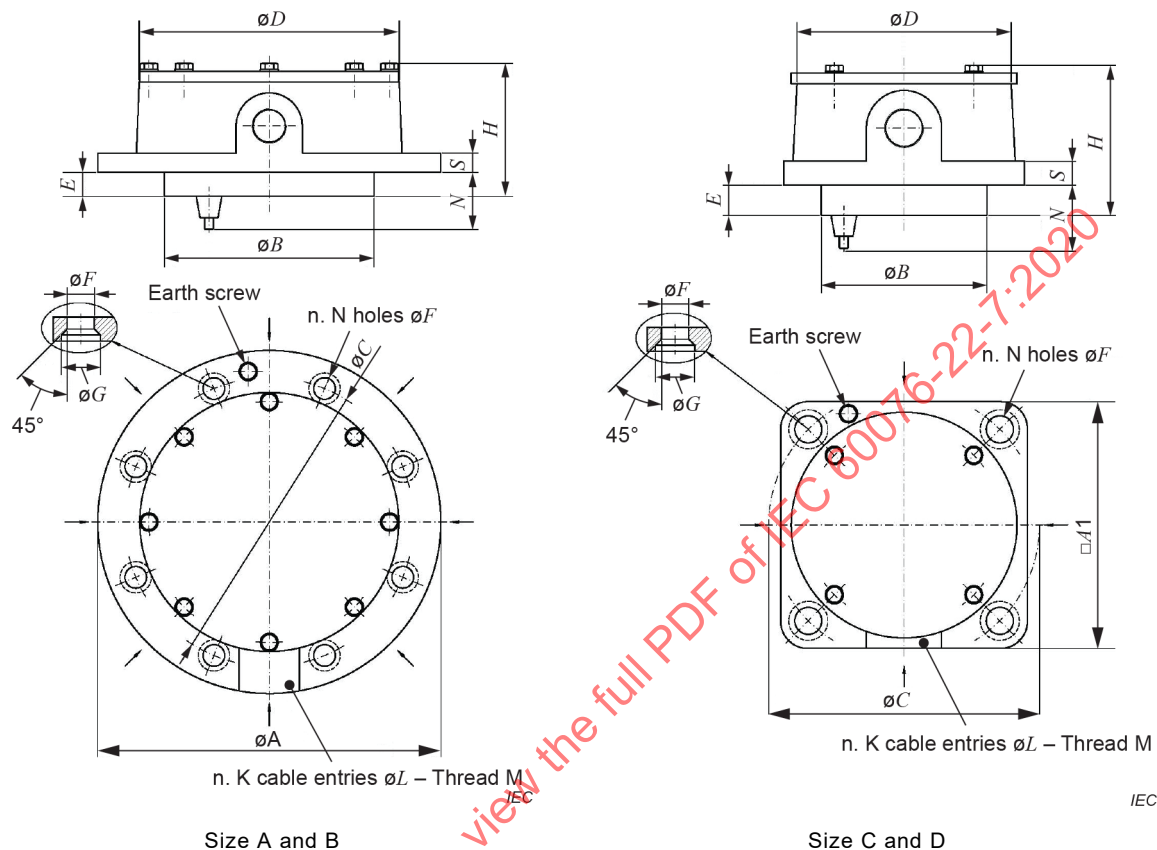


Figure F.1 – Dimensions of terminal boxes size A, B, C and D

Table F.1 – Dimensions of terminal boxes size A, B, C and D

Dimensions in millimetres

Size	No. of M6 terminals min to max	ØA	□A	ØC	N	ØF	ØG	S	ØB	E min	H max	K min to max	ØL	M max	N max ¹
A	1 to 53	315		270	8	18	26	20	200	20	141	1 to 8	40	50 × 1,5	65
B	1 to 36	285		240	8	18	26	16	174	20	110	1 to 8	40	32 × 1,5	65
C	1 to 12		165	180	4	18	26	16	110	20	110	1 to 4	40	32 × 1,5	65
D	1 to 6		120	125	4	12	16	15	82	20	112	1 to 4	40	25 × 1,5	65

NOTE Sizes C and D can also have a circular flange.

¹ Value for CT terminals only.

Bibliography

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

IEC 60076-6, *Power transformers – Part 6: Reactors*

IEC 60255-5:2000, *Electrical relays – Part 5: Insulation coordination for measuring relays and protection equipment – Requirements and tests*

ISO 5003:2016, *Flat bottom (Vignole) railway rails 43 kg/m and above*

EN 13674-1, *Railway applications – Track – Rail – Part 1: Vignole railway rails 46 kg/m and above*

COURBON, J. Calcul des structures, Théorie de l'élasticité. *Techniques de l'Ingénieur*, AF4 A305

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60076-22-7:2020

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	68
1 Domaine d'application	70
2 Références normatives	70
3 Termes et définitions	71
4 Conditions de service	72
4.1 Généralités	72
4.2 Protection contre la corrosion	72
4.3 Résistance aux conditions ambiantes	72
4.4 Caractéristiques du liquide isolant.....	72
5 Exigences générales relatives à l'essai individuel de série et à l'essai de type	72
6 Accessoires et équipements	73
6.1 Doigts de gant	73
6.1.1 Généralités	73
6.1.2 Identification et plaque signalétique	73
6.1.3 Essai	73
6.1.4 Dimensions des doigts de gant	73
6.2 Borne de terre.....	74
6.2.1 Généralités.....	74
6.2.2 Dimensions des différentes bornes de terre	75
6.3 Bouchon de vidange	78
6.3.1 Généralités	78
6.3.2 Matériaux	78
6.3.3 Dimensions des différents dispositifs	78
6.4 Purge et dispositif de vidange du liquide	80
6.4.1 Généralités	80
6.4.2 Matériaux	80
6.4.3 Dimensions des différents dispositifs	80
6.5 Galets et ensemble de galets – Exigences générales.....	81
6.6 Assécheurs d'air	81
6.6.1 Généralités.....	81
6.6.2 Exigences communes	82
6.6.3 Exigences supplémentaires relatives aux types conventionnel à remplacement manuel	82
6.6.4 Aspects supplémentaires relatifs aux types autorégénérants	85
6.6.5 Essais	88
6.7 Vannes papillon	89
6.7.1 Généralités	89
6.7.2 Exigences et caractéristiques	89
6.7.3 Composants des vannes.....	90
6.7.4 Dispositions et dimensions de l'assemblage	90
6.7.5 Performances	92
6.7.6 Essais	92
6.7.7 Conditions de fourniture.....	93
6.8 Boîtes à bornes.....	93
6.8.1 Généralités	93
6.8.2 Degré de protection	94
6.8.3 Fonction des boîtes de raccordement	94

6.8.4	Construction générale.....	94
6.8.5	Dimensions hors-tout.....	94
6.8.6	Caractéristiques fonctionnelles et de fabrication préférentielles du boîtier.....	94
6.8.7	Caractéristiques fonctionnelles et de fabrication préférentielles des bornes.....	94
6.8.8	Performances.....	95
6.8.9	Essais.....	95
6.9	Prise d'échantillon.....	97
6.9.1	Généralités.....	97
6.9.2	Exigences et caractéristiques.....	97
6.9.3	Essais.....	99
Annexe A (informative) Calcul de la capacité en courant des bornes de mise à la terre		101
A.1	Théorie.....	101
A.2	Application aux bornes de mise à la terre.....	102
Annexe B (informative) Ensemble de galets.....		104
B.1	Introduction au choix des galets.....	104
B.2	Théorie du contact.....	104
B.2.1	Charge maximale.....	104
B.2.2	Force de traction.....	105
B.3	Dimensions des galets et écartement des voies.....	106
B.3.1	Entraxe et écartement.....	106
B.3.2	Galet sans boudin.....	106
B.3.3	Galet à boudin.....	108
Annexe C (informative) Dimensionnement de l'assécheur d'air pour les types conventionnels – Guide pour le calcul de la taille de l'assécheur.....		114
Annexe D (normative) Types de vannes papillon.....		116
D.1	Vannes papillon de type A1, A2 et A3 assemblées par soudage sur la paroi de la cuve.....	116
D.2	Vannes papillon de type B1 et B3 assemblées entre la paroi de la cuve et la tuyauterie, et sur la tuyauterie.....	118
D.3	Vannes papillon de type C1 et C2 assemblées sur la tuyauterie.....	121
Annexe E (normative) Garnitures et joints d'étanchéité.....		124
E.1	Généralités.....	124
E.2	Joints d'étanchéité et garnitures pour les vannes papillon de type A1, A2, A3, C1 et C2.....	124
E.3	Joints d'étanchéité et garnitures pour les vannes papillon de type B1 et B2.....	125
Annexe F (informative) Boîtes à bornes – Dimensions de montage préférentielles.....		126
Bibliographie.....		127
Figure 1 – Doigt de gant avec filetage femelle (à gauche) et mâle (à droite).....		74
Figure 2 – Borne de terre de type B1.....		75
Figure 3 – Borne de terre de type B2.....		75
Figure 4 – Borne de terre de type B3.....		76
Figure 5 – Borne de terre de type B4.....		76
Figure 6 – Borne de terre de type B5.....		76
Figure 7 – Borne de terre de type B6.....		77
Figure 8 – Borne de terre de type B7.....		77

Figure 9 – Bouchon de vidange de type C1 (boulonné)	78
Figure 10 – Bouchon de vidange de type C2	79
Figure 11 – Dispositif de vidange de type C3	80
Figure 12 – Purge d'air et vidange de liquide de type D1 (M6) et D2 (M12)	81
Figure 13 – Brides de raccordement de l'assécheur	83
Figure 14 – Dimensions hors-tout	84
Figure 15 – Prise d'échantillon NF C 52-132	98
Figure 16 – Prise d'échantillon DIN 42568	99
Figure B.1 – Surface de contact entre un galet et un plan	104
Figure B.2 – Force de traction	105
Figure B.3 – Entraxe et écartement	106
Figure B.4 – Ensemble de galets sans boudin de type W1	107
Figure B.5 – Ensemble de galets de type W1, vue de dessus de l'entraxe longitudinal et transversal	107
Figure B.6 – Profil de rail de type Vignole	108
Figure B.7 – Profil de rail Burbach	109
Figure B.8 – Positions du galet et du rail	109
Figure B.9 – Galet simple à boudin de type W2	110
Figure B.10 – Exemple de profil de galet arrondi	110
Figure B.11 – Galet double à boudin, de type W3	111
Figure B.12 – Voie transversale	111
Figure B.13 – Simple voie	112
Figure B.14 – Doubles voies concentriques	112
Figure B.15 – Doubles voies parallèles	113
Figure D.1 – Disposition d'assemblage des vannes papillon de type A1, A2 et A3	116
Figure D.2 – Vannes papillon de type A1, A2 et A3	117
Figure D.3 – Disposition d'assemblage des vannes papillon de type B1 et B2 entre la paroi de la cuve et la tuyauterie	118
Figure D.4 – Disposition d'assemblage des vannes papillon de type B1 et B2 sur la tuyauterie	118
Figure D.5 – Vannes papillon de type B1	119
Figure D.6 – Vannes papillon de type B2	120
Figure D.7 – Disposition d'assemblage des vannes papillon de type C1 et C2 sur la tuyauterie	121
Figure D.8 – Vannes papillon de type C1	122
Figure D.9 – Vannes papillon de type C2	123
Figure F.1 – Dimensions des boîtes à bornes de taille A, B, C et D	126
Tableau 1 – Dimensions préférentielles des doigts de gant	74
Tableau 2 – Courant maximal pour les bornes de terre	78
Tableau 3 – Dimensions du bouchon de vidange de type C2	79
Tableau 4 – Classes de tailles habituelles des assécheurs	84
Tableau 5 – Pouvoir de fermeture et de coupure – Assécheur autorégénérant	87
Tableau 6 – Rigidité diélectrique des contacts – Fréquence industrielle	87

Tableau 7 – Rigidité diélectrique des contacts– Choc de foudre.....	88
Tableau 8 – Valeur de fuite maximale admissible.....	92
Tableau 9 – Dimensions de la prise d'échantillon de la Figure 15	98
Tableau 10 – Dimensions de la prise d'échantillon de la Figure 16.....	99
Tableau A.1 – Données des matériaux pour le calcul de la capacité de courant.....	103
Tableau A.2 – Courant admissible maximal pour les bornes de mise à la terre normalisées, pendant 0,5 s	103
Tableau B.1 – Dimensions d'ensemble de galets W1	107
Figure B.5 – Ensemble de galets de type W1, vue de dessus de l'entraxe longitudinal et transversal.....	107
Tableau B.2 – Entraxes des galets W1.....	108
Tableau B.3 – Surface d'appui du rail	109
Tableau B.4 – Dimensions de galet simple à boudin	110
Tableau B.5 – Dimensions de galet double à boudin	111
Tableau B.6 – Écartement de voie pour voie transversale.....	112
Tableau B.7 – Écartements de voie pour voie simple	112
Tableau B.8 – Écartements de voie pour voies concentriques.....	113
Tableau B.9 – Écartements de voie pour voies parallèles	113
Tableau C.1 – Masse d'eau, en grammes, contenue dans un mètre cube d'air.....	115
Tableau D.1 – Dimensions des vannes papillon de type A1, A2 et A3	117
Tableau D.2 – Dimensions des vannes papillon de type B1.....	119
Tableau D.3 – Dimensions des vannes papillon de type B2.....	120
Tableau D.4 – Dimensions des vannes papillon de type C1	122
Tableau D.5 – Dimensions des vannes papillon de type C2	123
Tableau E.1 – Dimensions des joints d'étanchéité et types et dimensions de garnitures pour vannes papillon de type A1, A2, A3, C1 et C2.....	124
Tableau E.2 – Dimensions des joints d'étanchéité et types et dimensions de garnitures pour vannes papillon de type B1 et B2	125
Tableau F.1 – Dimensions des boîtes à bornes de taille A, B, C et D	126

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE –

**Partie 22-7: Transformateur de puissance et bobines d'inductance –
Accessoires et équipements**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 60076-22-7 a été établie par le comité d'études 14 de l'IEC: Transformateurs de puissance.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
14/1044/FDIS	14/1048/RVD

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

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60076, publiées sous le titre général *Transformateurs de puissance*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60076-22-7:2020

TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE –

Partie 22-7: Transformateur de puissance et bobines d'inductance – Accessoires et équipements

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60076-22 s'applique à un choix d'accessoires et d'équipements montés sur des transformateurs de puissance immergés dans un liquide (conformes à l'IEC 60076-1) et des bobines d'inductance (conformes à l'IEC 60076-6) avec et sans conservateur pour des installations intérieures ou extérieures. Elle présente les conditions de service et les exigences mécaniques communes à tous les accessoires et tous les équipements.

Le présent document donne également les exigences de fonctionnement spécifiques à chaque dispositif et les dimensions préférentielles pertinentes pour l'interchangeabilité, ainsi que les essais de type et individuels de série à réaliser.

Le présent document couvre un choix exhaustif d'accessoires et d'équipements actuellement utilisés sur les transformateurs et les bobines d'inductance.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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).

IEC 60068-3-3:2019, *Essais d'environnement – Partie 3-3: Documentation d'accompagnement et recommandations – Méthodes d'essais sismiques applicables aux matériels*

IEC 60068-3-3:1991, *Essais d'environnement – Partie 3-3: Guide – Méthodes d'essais sismiques applicables aux matériels*

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

IEC 60076-7, *Power transformers – Part 7: Loading guide for mineral-oil-immersed power transformers* (disponible en anglais seulement)

IEC 60296, *Fluides pour applications électrotechniques – Huiles minérales isolantes neuves pour transformateurs et appareillages de connexion*

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

IEC 60721-3-4, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3-4: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Utilisation à poste fixe, non protégé contre les intempéries*

IEC 60255-27, *Relais de mesure et dispositifs de protection – Partie 27: Exigences de sécurité*

ISO 3601-1, *Transmissions hydrauliques et pneumatiques – Joints toriques – Partie 1: Diamètres intérieurs, sections, tolérances et code d'identification dimensionnelle*

ISO 7005-1, *Brides de tuyauteries – Partie 1: Brides en acier pour systèmes de canalisations industrielles et d'utilisation générale*

ISO 12944-6, *Peintures et vernis – Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture – Partie 6: Essais de performance en laboratoire*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp/ui/fr/>

3.1

doigt de gant

équipement monté sur le couvercle ou la tuyauterie du transformateur, de la bobine d'inductance ou d'un compartiment rempli de liquide, destiné à recevoir un capteur thermique pour mesurer la température du liquide isolant

3.2

borne de terre

borne placée sur le transformateur, la cuve de la bobine d'inductance, la structure portante du refroidisseur ou une autre partie qu'il est nécessaire de mettre à la terre, et qui est destinée à être connectée électriquement au réseau de mise à la terre

3.3

bouchon de vidange

dispositif destiné à extraire le liquide isolant des compartiments à remplissage liquide

3.4

purge

dispositif destiné à évacuer l'air ou le gaz piégé dans la cuve et la tuyauterie du transformateur

3.5

galet

dispositif prévu pour déplacer le transformateur dans différentes directions sur des rails

3.6

assécheur d'air

dispositif reliant la couche d'air en haut de la cuve d'un transformateur immergé dans un liquide à l'air extérieur afin d'absorber l'humidité de l'air respiré

3.7

vanne papillon

dispositif conçu pour isoler un composant ou un accessoire monté sur le réseau de liquide du transformateur

3.8

boîte de raccordement

dispositif conçu pour assurer des connexions électriques basse tension, à faible courant, isolées et étanches entre l'intérieur et l'extérieur d'un compartiment à remplissage liquide

3.9

prise d'échantillon

dispositif permettant de prélever des échantillons de liquide isolant

4 Conditions de service

4.1 Généralités

Les conditions de service présentées dans l'IEC 60076-1:2011, 4.2, représentent le domaine d'application normal du fonctionnement des accessoires et des équipements spécifiés dans le présent document.

Pour les conditions de service inhabituelles exigeant une prise en considération particulière dans la conception des dispositifs et matériels, voir l'IEC 60076-1:2011, 5.5. La spécification du dispositif pour un fonctionnement dans ce type de conditions de service inhabituelles doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fabricant.

4.2 Protection contre la corrosion

Les matériaux utilisés pour la construction des accessoires et des équipements ou pour le traitement de surface doivent résister au liquide isolant et être adaptés aux conditions environnementales. Sauf spécification contraire, le niveau de résistance minimal des parties exposées à l'environnement doit être de classe C4 durabilité "Moyenne" conformément à l'ISO 12944-6.

Les parties destinées à être soudées et les bornes de mise à la terre ne doivent pas être peintes.

Sauf spécification contraire, les vis exposées à l'environnement doivent être en acier inoxydable compatible avec la classe de résistance à la corrosion C4 durabilité moyenne.

4.3 Résistance aux conditions ambiantes

Les matériaux utilisés pour la construction des accessoires et des équipements doivent résister aux UV. Les fenêtres et voyants ne doivent pas s'opacifier sur toute la durée de vie de l'accessoire.

4.4 Caractéristiques du liquide isolant

Ce Paragraphe 4.4 concerne uniquement les accessoires et équipements en contact avec le liquide isolant.

Sauf spécification contraire, le liquide isolant est un liquide minéral conforme à l'IEC 60296, et la température de fonctionnement doit être conforme à l'IEC 60076-7.

Si le liquide isolant n'est pas un liquide minéral, l'acheteur doit indiquer la température de fonctionnement.

5 Exigences générales relatives à l'essai individuel de série et à l'essai de type

Sauf spécification contraire, les essais doivent être réalisés à une température ambiante comprise entre 10 °C et 40 °C.

Tous les instruments de mesure utilisés pour les essais doivent être de précision traçable et régulièrement étalonnés.

6 Accessoires et équipements

6.1 Doigts de gant

6.1.1 Généralités

Le doigt de gant doit séparer en permanence le liquide isolant et le capteur. Le doigt de gant doit être conçu pour résister à l'essai sous vide et sous pression défini dans l'IEC 60076-1:2011, en 11.8, 11.9, 11.10 et 11.11, pour les cuves du transformateur.

Si le doigt de gant n'est pas utilisé, l'orifice doit être obturé afin d'éviter toute contamination par l'humidité, la poussière et autres particules indésirables.

Le doigt de gant doit être conçu pour éviter d'être endommagé ou éviter d'endommager le détecteur de température en raison de la dilatation thermique du caloporteur.

Le matériau du doigt de gant et le milieu de remplissage doivent présenter un bon transfert thermique.

6.1.2 Identification et plaque signalétique

Aucune exigence.

6.1.3 Essai

Le doigt de gant n'est pas soumis à essai individuellement, mais comme un composant du transformateur ou de la bobine d'inductance pendant un essai de type ou un essai individuel de série.

6.1.4 Dimensions des doigts de gant

La Figure 1 et le Tableau 1 donnent les solutions préférentielles pour les doigts de gant.

Le bouchon ou capuchon de protection n'est pas spécifié dans le présent document.

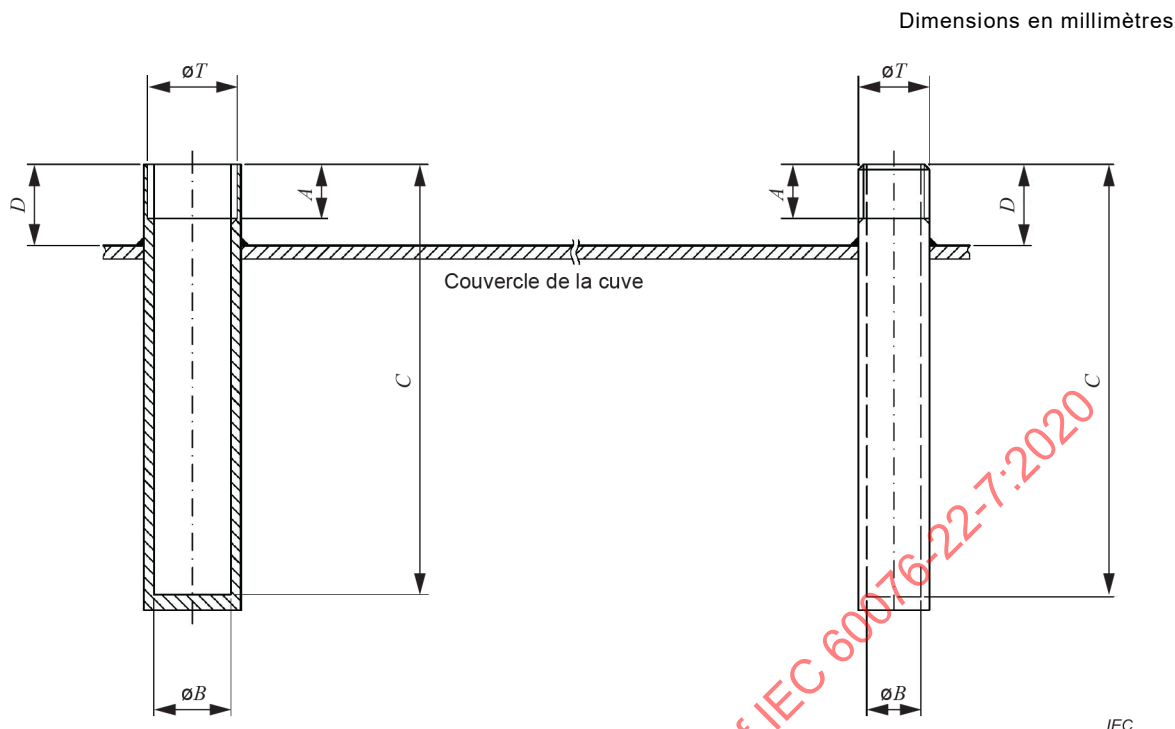


Figure 1 – Doigt de gant avec filetage femelle (à gauche) et mâle (à droite)

Tableau 1 – Dimensions préférentielles des doigts de gant

Dimensions en millimètres

Doigts de gant avec	Type	A min	B min	B max	C min	D max	Filetage $\varnothing T$
Filetage femelle	A1	20	20		165	30	G1
	F	17	16		155	30	M22 × 1,5
	U	13	12,4	12,5	166	30	M22 × 1,5
Filetage mâle	A2	20	20		120	30	G 3/4

6.2 Borne de terre

6.2.1 Généralités

Les bornes de mise à la terre doivent être en acier inoxydable de qualité 304L au moins et positionnées au-dessus du niveau du sol. La borne doit être choisie pour résister aux courants de défaut à la terre maximaux prévisibles. Avant le raccordement à la terre, tous les revêtements non conducteurs doivent être retirés au niveau des filetages, des points de contact et des surfaces de contact.

La borne doit être identifiée par la lettre "E" placée soit sur la borne elle-même soit à proximité de celle-ci.

Pour calculer le courant maximal acceptable par les bornes de mise à la terre indiquées dans le Tableau 2, la section de l'élément de mise à la terre est utilisée. Le soudage sur la cuve est considéré comme présentant une section minimale équivalente à la section de la borne. Pour la borne de terre B7, un cordon de soudure de 5 mm sur toute la circonférence est pris en considération. Pour un élément de mise à la terre de type goujon, la section résistante est utilisée.

La borne doit assurer la continuité électrique avec la cuve du transformateur.

Les matériaux et méthodes de soudage pour le raccordement des bornes à la cuve doivent pouvoir résister aux températures maximales indiquées dans le Tableau A.1 pour chaque type de borne sans causer de préjudice.

Les valeurs de courant maximales données dans le Tableau 2 concernent uniquement la borne de mise à la terre et sa connexion à la cuve. Il convient que les connexions de la terre à la borne soient adaptées pour correspondre à ces valeurs.

Le Tableau 2 donne le courant de court-circuit admissible des bornes de terre. Le Tableau 2 repose sur une température initiale de 40 °C, une température finale de 300 °C et une durée de court-circuit de 0,5 s, en considérant que les protections du transformateur déclenchent le courant plus tôt que cette valeur.

Les valeurs du Tableau 2 ont été établies en prenant en considération les propriétés du matériau indiquées dans les ouvrages de référence, ainsi qu'un échauffement adiabatique.

Pour des informations supplémentaires, voir l'Annexe A.

6.2.2 Dimensions des différentes bornes de terre

Les Figures de la Figure 2 à la Figure 8 présentent les solutions préférentielles.

Dimensions en millimètres

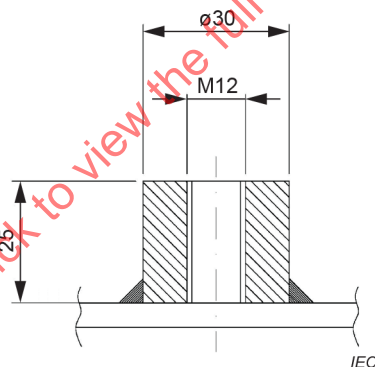


Figure 2 – Borne de terre de type B1

Dimensions en millimètres

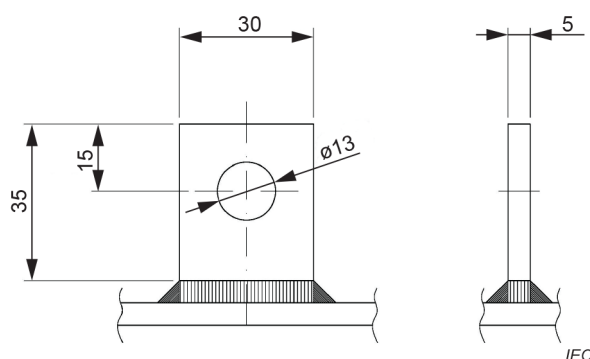


Figure 3 – Borne de terre de type B2

Dimensions en millimètres

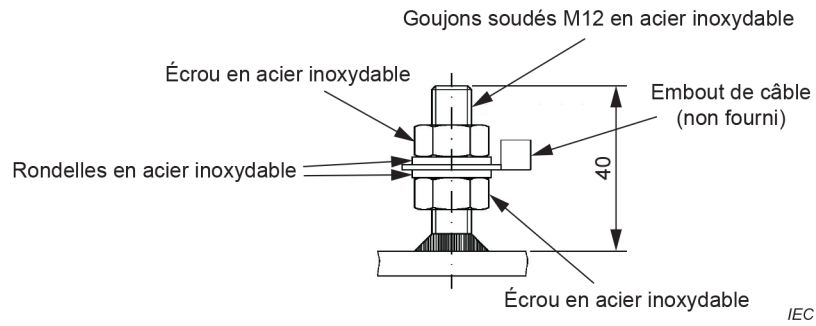


Figure 4 – Borne de terre de type B3

Dimensions en millimètres

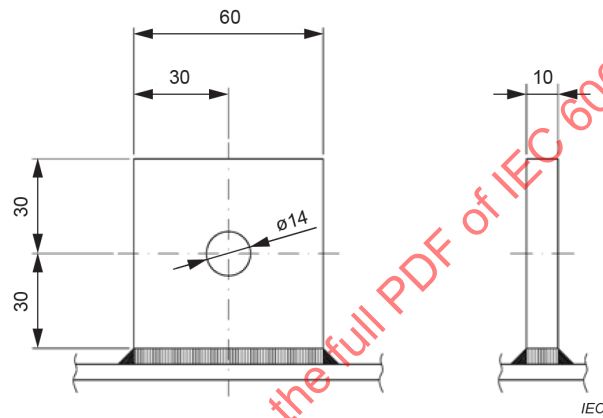


Figure 5 – Borne de terre de type B4

Dimensions en millimètres

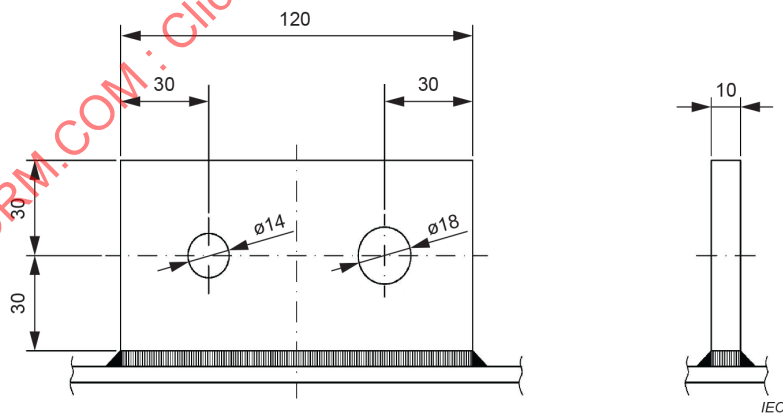


Figure 6 – Borne de terre de type B5

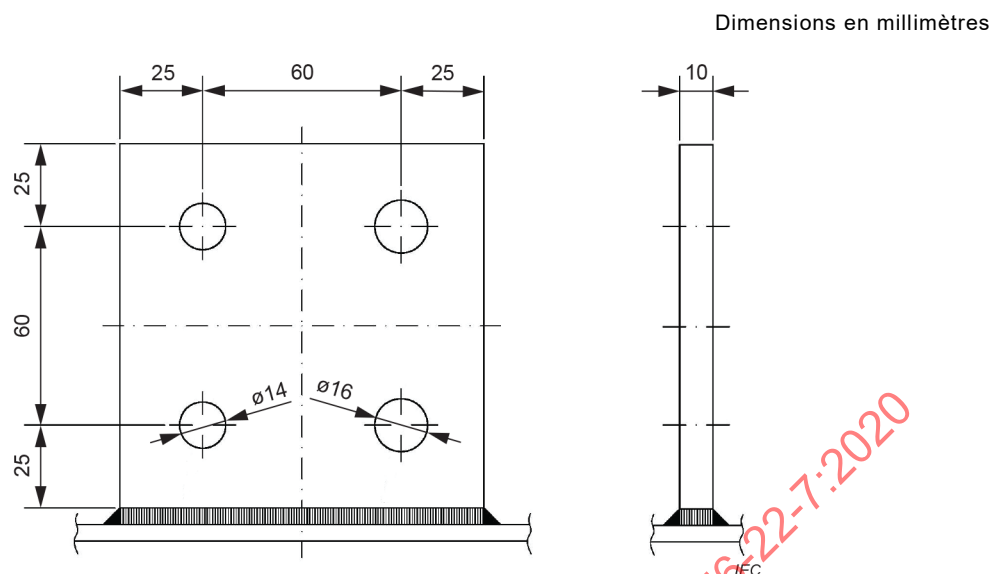
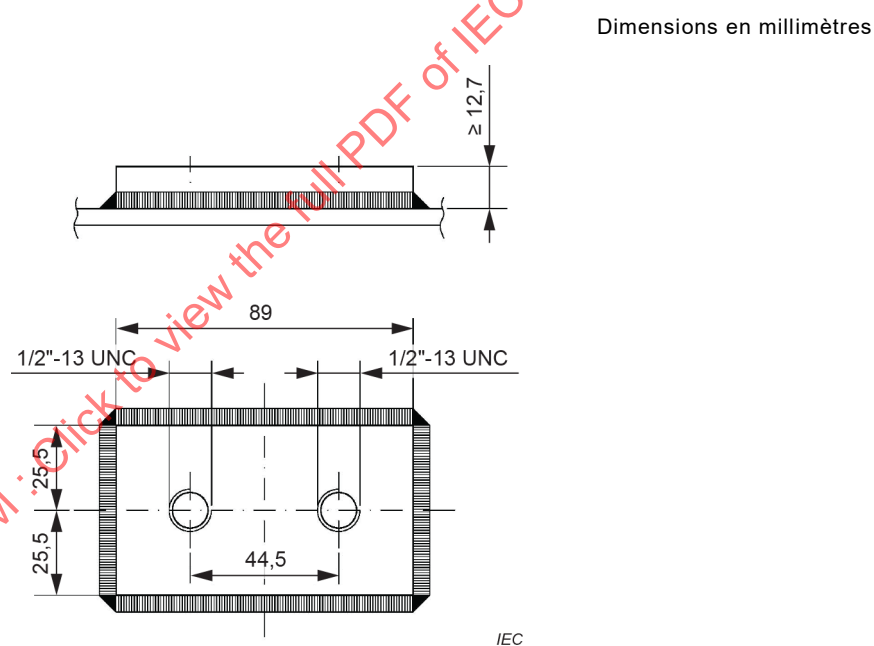
**Figure 7 – Borne de terre de type B6****Figure 8 – Borne de terre de type B7**

Tableau 2 – Courant maximal pour les bornes de terre

Type de borne de terre		Section S mm ²	Courant de court-circuit maximal admissible kA
B1	Ø 30 M12	594	31,5
B2	(5 × 30) mm	150	8,0
B3	M12	76	4,0
B4	(60 × 10) mm	600	31,5
B5	(120 × 10) mm	1 200	63,0
B6	(110 × 10) mm	1 100	58,0
B7	(51 × 89) mm	1 400	74,0

6.3 Bouchon de vidange

6.3.1 Généralités

Les bouchons de vidange sont utilisés sur tous les compartiments remplis de liquide isolant pour vidanger complètement le liquide qu'ils contiennent.

Ils doivent être placés dans la partie la plus basse du compartiment.

Ils ne doivent pas fuir en fonctionnement.

6.3.2 Matériaux

Les parties soudées doivent être en acier au carbone, les vis et parties vissées doivent être en laiton ou en acier inoxydable, et les capuchons de protection doivent être en métal.

6.3.3 Dimensions des différents dispositifs

Les figures de la Figure 9 à la Figure 11 présentent les solutions préférentielles à choisir en fonction du volume de liquide à vidanger. Le Tableau 3 indique les dimensions des bouchons de vidange présentés à la Figure 10.

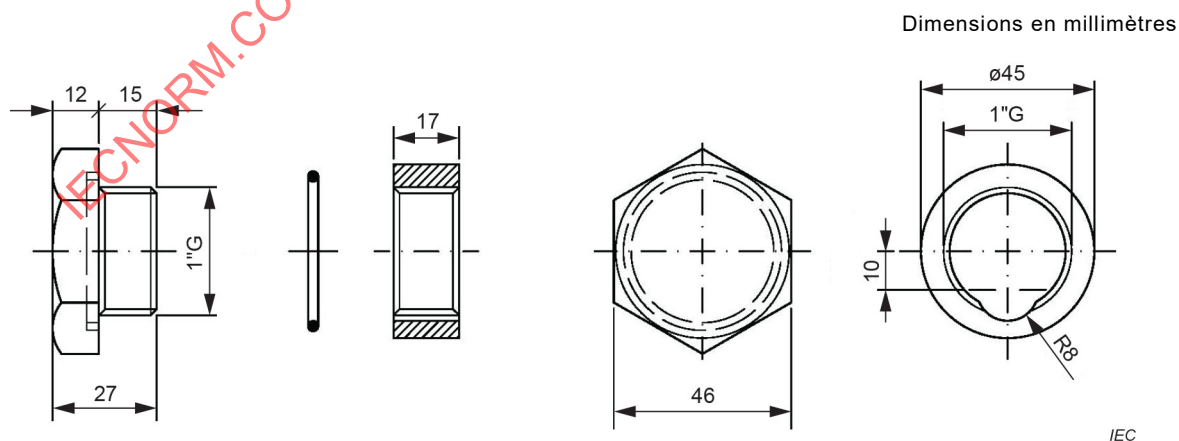


Figure 9 – Bouchon de vidange de type C1 (boulonné)

Dimensions en millimètres

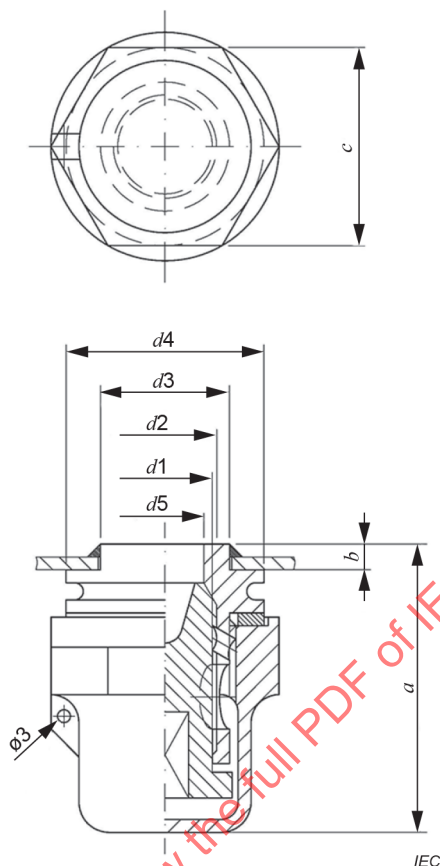


Figure 10 – Bouchon de vidange de type C2

Tableau 3 – Dimensions du bouchon de vidange de type C2

Dimensions en millimètres

Taille	d_1 mm	a mm	b mm	c mm	d_2	d_3 mm	d_4 mm	d_5 mm min
C2-A	22	67	6	46	M24 × 1,5	30	46	18,5
C2-B	31	93	10	65	M33 × 1,5	40	65	26
C2-C	40	115	10	80	M42 × 1,5	52	80	33,8

Dimensions en millimètres

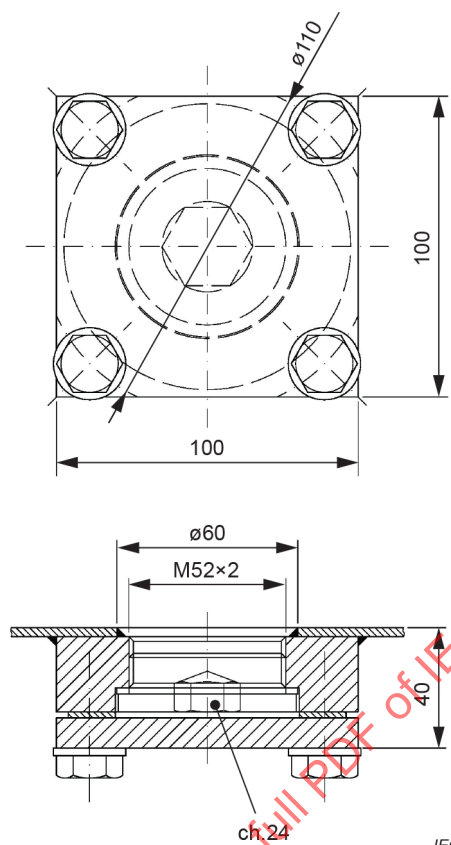


Figure 11 – Dispositif de vidange de type C3

6.4 Purge et dispositif de vidange du liquide

6.4.1 Généralités

Les purges sont utilisées sur les compartiments remplis de liquide isolant pour évacuer l'air ou le gaz qu'elles contiennent. Si elles sont utilisées comme telles, elles doivent être placées dans la partie la plus haute du compartiment.

Les dispositifs de vidange sont utilisés sur les compartiments remplis de liquide isolant pour vidanger de petites quantités de liquide. S'ils sont utilisés comme bouchons de vidange, ils doivent être placés dans la partie la plus basse du compartiment.

Les purges et dispositifs de vidange du liquide ne doivent pas fuir en fonctionnement.

6.4.2 Matériaux

Les parties soudées doivent être en acier au carbone, les vis et parties vissées doivent être en laiton ou en acier inoxydable, et les capuchons de protection doivent être en métal.

6.4.3 Dimensions des différents dispositifs

La Figure 12 présente la solution préférentielle à choisir en fonction du volume de gaz à évacuer ou du volume d'huile à vidanger.

Dimensions en millimètres

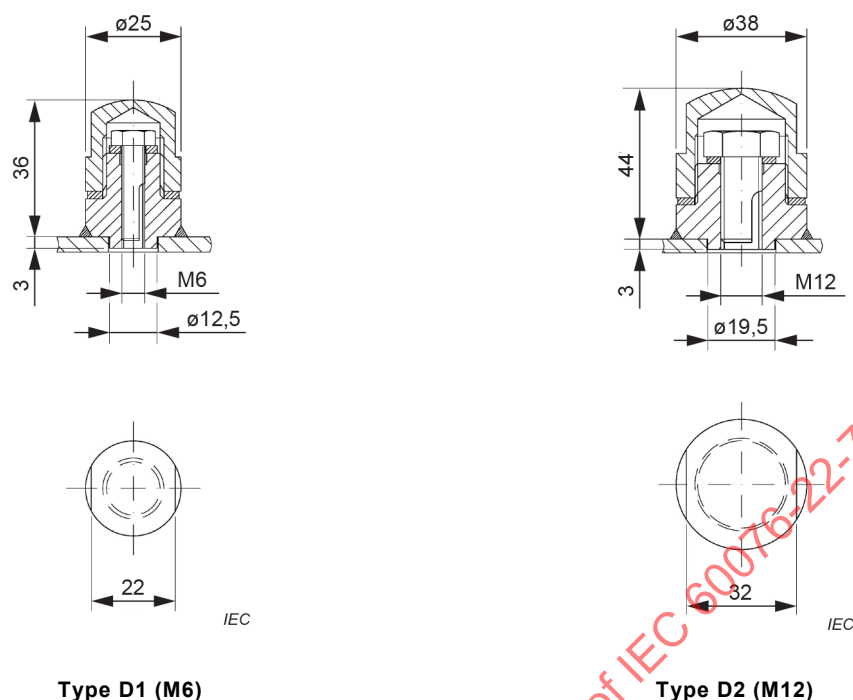


Figure 12 – Purge d'air et vidange de liquide de type D1 (M6) et D2 (M12)

6.5 Galets et ensemble de galets – Exigences générales

Chaque ensemble de galets doit être en mesure de se déplacer dans au moins deux directions perpendiculaires et pouvoir être sécurisé dans la position choisie.

Chaque ensemble de galets doit être conçu pour recevoir un dispositif de blocage des galets avec des cales.

Chaque ensemble de galets doit pouvoir supporter 120 % de la charge maximale à laquelle il est amené à être soumis lorsque le transformateur est totalement rempli de liquide et stationnaire.

Pour la durée de vie prévue du transformateur, l'ensemble de galets ne doit présenter aucun signe de déformation susceptible de gêner la rotation normale du galet et doit rouler librement, même après une longue période d'immobilité.

Pour la durée de vie prévue du transformateur, l'ensemble de galets ne doit pas déformer le rail sur lequel il est monté, tant au repos qu'en déplacement sur le rail.

Pour des informations supplémentaires, voir l'Annexe B.

6.6 Assécheurs d'air

6.6.1 Généralités

Ce dispositif a pour fonction d'absorber l'humidité de l'air, respiré à l'intérieur d'un compartiment rempli de liquide des transformateurs et bobines d'inductance immergés dans un liquide, en raison de la contraction thermique du liquide.

Le présent document ne prend en considération que les assécheurs absorbant l'humidité de l'air à l'aide d'un agent déshydratant. Pendant le fonctionnement, l'agent déshydratant absorbe l'humidité jusqu'à saturation.

Les assécheurs peuvent être de type conventionnel à remplacement manuel ou autorégénérant.

6.6.2 Exigences communes

6.6.2.1 Généralités

Ces exigences s'appliquent aux deux types d'assécheurs, conventionnel à remplacement manuel ou autorégénérant.

6.6.2.2 Agent déshydratant

L'agent déshydratant doit être exempt de particules de poussière, étant donné qu'elles peuvent avoir un impact sur les performances de l'assécheur.

6.6.2.3 Disposition de montage

L'assécheur est en principe monté en position verticale, et facile à atteindre depuis le niveau du sol pour les opérations d'entretien et le remplacement de l'agent déshydratant, si nécessaire.

6.6.3 Exigences supplémentaires relatives aux types conventionnel à remplacement manuel

6.6.3.1 Agent déshydratant

L'agent déshydratant doit donner une indication visuelle de sa saturation et doit présenter une granulométrie comprise entre 2 mm et 7 mm.

NOTE L'agent déshydratant le plus souvent utilisé est le gel de silice.

6.6.3.2 Critères de sélection

Le choix de la taille de l'assécheur dépend du volume de liquide isolant dans les compartiments du transformateur, du coefficient de dilatation du liquide, des conditions climatiques (humidité relative et variation de température) du site sur lequel le transformateur est installé, des conditions d'exploitation (fréquence et vitesse de la variation de charge) et de l'intervalle d'entretien prévu.

Le choix du type de joint d'étanchéité de l'assécheur fait l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur. Le joint d'étanchéité doit être choisi en prenant en considération le débit d'air maximal prévu en service.

Voir l'Annexe C pour des critères de sélection détaillés.

6.6.3.3 Composants de l'assécheur

La conception et l'assemblage de l'assécheur et de ses composants doivent faciliter le remplacement de l'agent déshydratant. En principe, l'assécheur comporte les composants suivants:

- Conteneur de l'agent déshydratant

La partie centrale de l'assécheur, ici appelée "conteneur", doit permettre un contrôle visuel de la présence de l'agent déshydratant à l'intérieur et de son état de saturation. Elle peut être fournie avec une enveloppe métallique externe assurant la protection mécanique contre les chocs et, en complément, un écran contre le rayonnement solaire direct qui peut avoir un impact sur l'efficacité de l'agent déshydratant.

- Brides de montage supérieures

Le haut du conteneur doit être muni d'un couvercle avec une bride de montage permettant de fixer l'assécheur au tuyau de mise à l'air du compartiment rempli de liquide. La bride doit être conforme à la Figure 13 et au Tableau 4.

- **Fond avec protection**

L'assécheur doit être conçu de manière à ne pas exposer l'agent déshydratant à l'atmosphère en l'absence de débit d'air. Par conséquent, le fond de l'extrémité inférieure du conteneur doit comprendre un dispositif hydraulique ou mécanique, permettant à l'air de circuler dans les deux sens (entrée et sortie) en présence d'un différentiel de pression entre l'intérieur et l'extérieur du compartiment. En cas d'aspiration d'air, l'air doit uniquement entrer dans l'assécheur en passant par la protection:

- **Joint hydraulique**

Le fond doit être rempli du même liquide que le transformateur, le niveau de remplissage devant être marqué et le niveau de liquide clairement visible.

Le joint hydraulique doit être conçu pour éviter que le liquide à l'intérieur du fond ne soit siphonné à l'intérieur du conteneur ou expulsé de la protection avec le débit d'air minimal précisé dans le Tableau 4.

- **Joint mécanique**

Elle est composée d'une valve bidirectionnelle. L'air passe librement dans les deux sens (entrée et sortie) à travers cette soupape, ce qui permet à l'air de circuler lorsque le compartiment respire.

La valve doit protéger l'agent déshydratant en l'absence de débit d'air.

6.6.3.4 Plaque signalétique

La plaque signalétique doit contenir les informations suivantes:

- nom ou logo du fournisseur;
- pays et lieu de fabrication;
- numéro du présent document;
- identification du fabricant et/ou numéro de série du fabricant du dispositif pour permettre une identification complète du dispositif.

6.6.3.5 Brides de raccordement

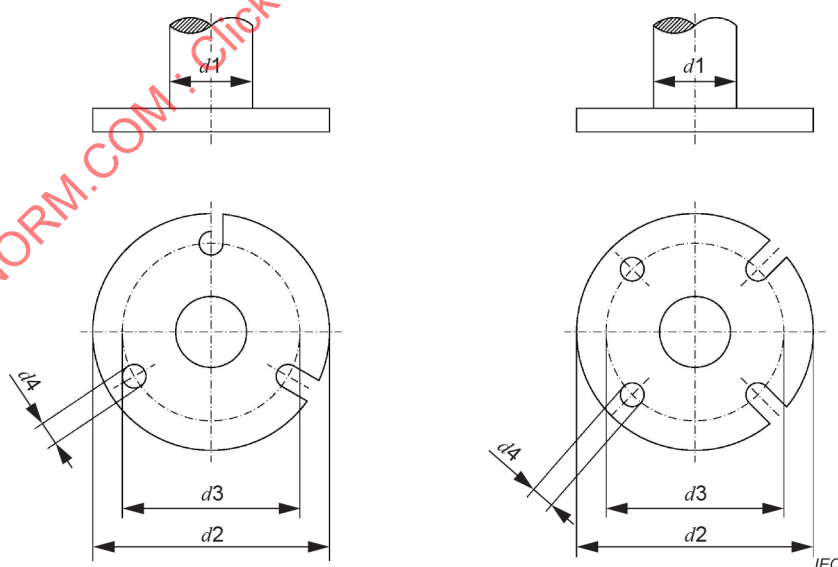


Figure 13 – Brides de raccordement de l'assécheur

6.6.3.6 Dimensions hors-tout

Voir le Tableau 4 pour les dimensions de la Figure 14.

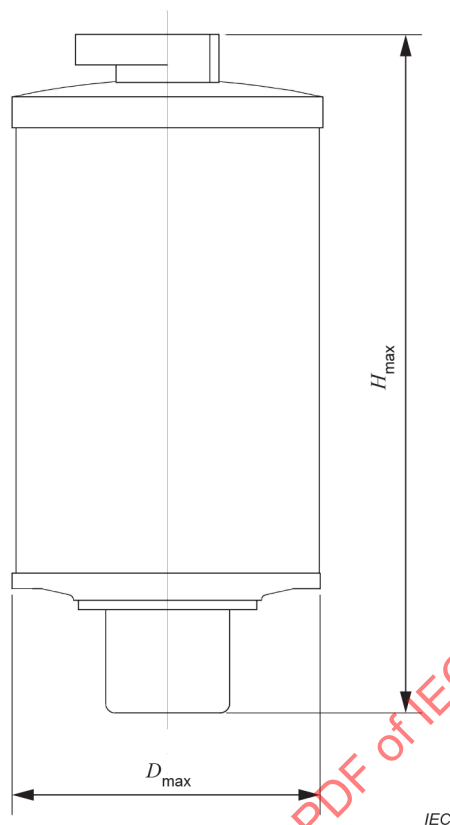


Figure 14 – Dimensions hors-tout

Tableau 4 – Classes de tailles habituelles des assécheurs

Dimensions en millimètres

Classe de taille ^a	Quantité d'agent ^b kg	Dimensions hors-tout mm		Dimensions de bride								Débit d'air minimal dm³/s Entrée/sortie
				mm								
				Bride 3H à 3 trous				Bride 4H à 4 trous				
		D_{max}	H_{max}	d_{1max}	d_2	d_3	d_4	d_{1max}	d_2	d_3	d_4	
A	1 à 2	250	500	35	150	120	14	35	115	85	12	0,07
B	2 à 5	250	800					46	130	100	14	0,07
C	5 à 15	250	1 400					60	140	110	14	0,15
D	> 15	350	1 700									0,15

^a Chaque classe inclut tous les assécheurs avec une quantité d'agent déshydratant dans les limites de la plage indiquée dans la colonne correspondante.

^b Quantité d'agent déshydratant à l'intérieur de l'assécheur.

6.6.3.7 Essais

6.6.3.7.1 Liste des essais

6.6.3.7.1.1 Essais individuels de série

Aucun essai individuel de série exigé.

6.6.3.7.1.2 Essais de type

- Essai de débit pour le joint hydraulique (6.6.3.7.2.1);

- Essai de pression pour le joint mécanique (6.6.3.7.2.2).

6.6.3.7.2 Essai de type

6.6.3.7.2.1 Essai de débit pour le joint hydraulique

Augmenter le débit d'air de zéro à la valeur de débit d'air minimal indiquée au Tableau 4 en 3 min, maintenir la valeur d'essai pendant 5 min, réduire le débit d'air de la valeur d'essai à zéro en 3 min. Pour les deux fonctionnements en inspiration et en expiration. Aucun liquide ne doit être siphonné à l'intérieur du conteneur ni expulsé du joint. L'essai doit être réalisé à la température ambiante avec une huile conforme à l'IEC 60296 et une température minimale de démarrage en puissance (LCSET – lowest cold start energizing temperature) de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

6.6.3.7.2.2 Essai de pression pour le joint mécanique

L'ensemble de joint mécanique doit faire l'objet d'un essai de pression dans les deux sens par des moyens visibles adaptés afin de détecter l'ouverture du joint mécanique. Augmenter lentement la pression d'air à partir de zéro jusqu'à la détection du fonctionnement du joint mécanique.

6.6.4 Aspects supplémentaires relatifs aux types autorégénérants

6.6.4.1 Exigences fonctionnelles

Pour la durée de vie spécifiée de l'agent déshydratant, l'assécheur autorégénérant doit alimenter le compartiment en air sec. À tout moment pendant le fonctionnement, l'assécheur autorégénérant doit permettre au compartiment d'inspirer et d'expirer de l'air comme exigé.

Au moins un contact signalant la défaillance du système doit être fourni.

6.6.4.2 Processus de régénération

Actuellement, le processus de régénération est déclenché selon deux principes différents: en fonction des conditions ou en fonction du temps.

- Processus de régénération en fonction du temps

Le dispositif déclenche automatiquement le processus de régénération de l'agent déshydratant à un intervalle de temps paramétrable ou par une commande intelligente du dispositif qui fixe l'intervalle de temps en fonction de la technologie utilisée. Les deux intervalles de temps sont établis en fonction de la taille de l'assécheur, des conditions ambiantes et d'exploitation du compartiment et de l'efficacité du processus de régénération.

- Processus de régénération en fonction des conditions

Le dispositif déclenche automatiquement le processus de régénération dès que l'agent de déshydratation atteint un certain niveau de saturation ou que l'humidité relative de l'air asséché dépasse un certain seuil. L'intervalle entre chaque processus de régénération est dicté par les conditions d'exploitation.

6.6.4.3 Critères de sélection

Le choix de l'assécheur dépend du volume de liquide dans le compartiment, du coefficient de dilatation du liquide, des conditions climatiques (humidité relative et variation de température) du site sur lequel le transformateur est installé et des conditions d'exploitation (fréquence et vitesse de la variation de charge).

Le choix de l'assécheur doit également dépendre des propriétés de fonctionnement de secours exigées, ce qui signifie la capacité de déshumidification hors tension. La période de résilience hors tension doit être choisie en fonction des exigences de l'opérateur.

6.6.4.4 Composants de l'assécheur

En principe, l'assécheur comporte les composants suivants:

- conteneur de l'agent déshydratant;
- bride de montage supérieure;
Pour assurer l'interchangeabilité, il convient que la conception de la bride supérieure respecte les dimensions des brides indiquées dans le Tableau 4;
- système de commande pour gérer le fonctionnement;
- boîte à borne d'alimentation, alarmes et communication.

6.6.4.5 Plaque signalétique

La plaque signalétique doit contenir les informations suivantes:

- nom ou logo du fournisseur;
- pays et lieu de fabrication;
- numéro du présent document;
- identification du fabricant du dispositif;
- numéro de série du fabricant;
- année de fabrication;
- plage de tensions d'alimentation et consommation d'énergie;
- classe de résistance sismique, le cas échéant.

6.6.4.6 Résistance aux vibrations

L'assécheur doit résister sans perte de fonctionnalité:

- à des vibrations non stationnaires provoquant un choc vertical de 100 m/s^2 , avec un spectre de type 1 conformément à l'IEC 60721-3-4;
- à une classe de vibrations sinusoïdales stationnaires 4M4 selon l'IEC 60721-3-4. Dans le cadre d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur, la classe 4M6 peut également être spécifiée.

6.6.4.7 Exigences sismiques

Si l'accessoire ou l'équipement est spécifié avec une exigence de tenue sismique sans que les valeurs d'accélération ne soient indiquées, le niveau de performance doit être choisi selon l'IEC 60068-3-3 comme suit:

- classification: critère 0 (voir l'IEC 60068-3-3:2019, 4.4);
- niveau de performance II (voir l'IEC 60068-3-3:1991, 7.1. Une fréquence de début de 2 Hz est acceptable).

6.6.4.8 Degré de protection

Sauf spécification contraire, le degré de protection de la boîte à bornes et du boîtier de commande en installation extérieure doit être au moins IP 54 conformément à l'IEC 60529.

6.6.4.9 Boîte à bornes

Une boîte à bornes doit être fournie pour raccorder l'alimentation, les contacts et les bornes de communication du dispositif. Elle doit également inclure un conducteur de protection ou une borne de terre. Le numéro et le marquage du bornier doivent être conformes au schéma de connexion.

Les borniers de l'alimentation et des contacts doivent être conçus de manière à accepter des conducteurs dont la section est comprise entre 1,5 mm² et 4 mm².

Au moins deux trous filetés pour presse-étoupes M20 × 1,5 ou M25 × 1,5 doivent être prévus. Les autres dimensions de filetage ou nombre d'entrées de câble font l'objet d'un accord entre le fournisseur et l'acheteur. Les presse-étoupes sont fournis à la demande.

6.6.4.10 Caractéristiques des contacts

6.6.4.10.1 Type de contact

Les contacts doivent être libres de potentiel. Sauf spécification contraire, des contacts inverseurs doivent être fournis.

6.6.4.10.2 Performances du contact de défaut

Les contacts doivent présenter un courant assigné minimal de 2 A en valeur efficace et un courant de court-circuit de durée de 10 A en valeur efficace pendant 30 ms, et doivent satisfaire aux valeurs de pouvoir de fermeture et de coupure indiquées au Tableau 5.

Tableau 5 – Pouvoir de fermeture et de coupure – Assécheur autorégénérant

Tension	Contacts inverseurs			
	Pouvoir de fermeture		Pouvoir de coupure	
24 V courant continu à 220 V courant continu	130 W	L/R < 40 ms	25 W	L/R < 40 ms
230 V courant alternatif	250 VA	cos φ > 0,5	60 VA	cos φ > 0,5

D'autres valeurs peuvent faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

La durée de vie minimale du contact doit être de 1 000 manœuvres.

6.6.4.10.3 Performances d'autres contacts

Les performances d'autres contacts doivent faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

6.6.4.10.4 Rigidité diélectrique (conformément à l'IEC 60255-27)

La rigidité diélectrique minimale est donnée dans le Tableau 6 et le Tableau 7.

Tableau 6 – Rigidité diélectrique des contacts – Fréquence industrielle

	Tension de tenue à fréquence industrielle de courte durée 1 min kV (en valeur efficace)
Entre les circuits et la terre	2
Entre les contacts en position ouverte	1

Tableau 7 – Rigidité diélectrique des contacts – Choc de foudre

	Tension de tenue aux chocs de foudre kV (crête)
Entre les circuits et la terre	4
Entre les contacts en position ouverte	3

6.6.5 Essais

6.6.5.1 Liste des essais

6.6.5.1.1 Essais individuels de série

- Essais d'isolement;
- Essai fonctionnel.

6.6.5.1.2 Essais de type

- Essai de performance;
- Essai d'endurance.

6.6.5.2 Essais individuels de série

6.6.5.2.1 Essais d'isolement

Le fabricant doit procéder à un essai de tension de tenue à fréquence industrielle de courte durée (60 s) entre tous les circuits ensemble et la terre.

La tension d'essai est indiquée au Tableau 6.

6.6.5.2.2 Essai fonctionnel

Le fabricant doit donner la preuve que le dispositif est totalement opérationnel.

6.6.5.3 Essai de type

6.6.5.3.1 Essai de performance

Cet essai a pour objet de vérifier les performances du dispositif.

L'essai doit être réalisé avec un matériel pouvant forcer un débit d'air spécifique à une humidité relative donnée dans le dispositif, et mesurer l'humidité relative à la sortie du dispositif.

Avec une humidité relative de l'air à l'entrée de 50 % à 20 °C et un débit d'air de 0,2 dm³/s à 20 °C, l'humidité relative maximale à la sortie avant le début de la régénération doit être inférieure à 20 %.

6.6.5.3.2 Essai d'endurance

Cet essai a pour objet de vérifier l'aptitude de l'ensemble du dispositif à résister à au moins 100 cycles de régénération.

L'essai doit être réalisé avec un matériel pouvant forcer un débit d'air spécifique à une humidité relative donnée dans le dispositif.

L'humidité relative à l'entrée et la valeur de débit d'air sont spécifiées par le fabricant. Pour les dispositifs utilisant un processus de régénération en fonction des conditions, le processus doit être déclenché par le dispositif. Pour les dispositifs utilisant un processus de régénération en

fonction du temps, le laps de temps doit être défini de sorte que l'agent déshydratant soit saturé avant le début de la régénération.

À l'issue du nombre de cycles spécifié, l'essai de performance doit être répété avec succès.

Les essais réalisés sur un type peuvent être considérés comme étant valables pour d'autres types de même conception.

6.7 Vannes papillon

6.7.1 Généralités

Le paragraphe 6.7 définit les dimensions hors-tout générales et certaines caractéristiques fonctionnelles et de fabrication des vannes papillon utilisées sur les tuyauteries dans lesquelles circule le liquide isolant des transformateurs de puissance ou des bobines d'inductance, afin d'isoler les composants sans retirer la totalité ou une grande partie du liquide isolant du conservateur et de la cuve.

La bride des vannes papillon doit comporter des gorges pour joints toriques des deux côtés. Cette conception est adaptée à une utilisation avec des brides de raccordement dont la surface est usinée. De même, la peinture ne doit comporter aucune protubérance pouvant gêner le montage.

Dans le cadre d'un accord particulier entre le fournisseur et l'acheteur, des vannes à brides à face de joint plate peuvent être fournies.

6.7.2 Exigences et caractéristiques

6.7.2.1 Description

Les principaux composants d'une vanne papillon sont:

- le "corps-brides", qui permet de monter le tuyau selon l'une des dispositions d'assemblage indiquées en 6.7.4.2. Le passage libre dans le corps donne la dimension nominale de la vanne, dont il convient de préférence qu'elle soit dans les limites de la plage indiquée dans le Tableau D.1, le Tableau D.2, le Tableau D.3, le Tableau D.4 et le Tableau D.5 de l'Annexe D. À l'exception des vannes de diamètre nominal de 80 mm, qui peuvent comporter 4 ou 8 trous, le corps-brides est de dimension fixe PN10, conformément à l'ISO 7005-1;
- le "papillon", qui ouvre ou ferme l'orifice du corps;
- le "mécanisme d'entraînement", qui permet l'ouverture ou la fermeture du papillon et son verrouillage en position ouverte ou fermée.

6.7.2.2 Caractéristiques de fonctionnement

Les vannes papillon sont destinées à être montées sur les tuyauteries dans toutes les positions et toutes les orientations. Elles doivent pouvoir résister mécaniquement à une surpression de 200 kPa exercée sur le corps-brides ou sur le papillon en position fermée, dans les deux sens, sans compromettre le fonctionnement du papillon.

Il convient que le joint d'étanchéité du papillon ne fasse pas l'objet d'un vieillissement. Par conséquent, une conception métal sur métal est préférable, car le taux de fuite ne varie pas sur la durée de vie de la vanne.

Le fonctionnement de l'ouverture ou la fermeture du papillon ne doit être réalisé qu'avec des clés.

Toutes les caractéristiques se rapportent à des vannes dont le papillon est en position totalement ouverte ou totalement fermée.

6.7.3 Composants des vannes

6.7.3.1 Matériaux

Tous les composants doivent être en matériau résilient aux chocs mécaniques.

6.7.3.2 Corps-bridés

Le corps-bridés doit être en métal et ne présenter aucune porosité ni défoliation pouvant être à l'origine de fuites. Il est préférable d'utiliser des corps en acier forgé ou des corps découpés dans des tôles d'acier ou des barres d'acier. L'étanchéité des corps moulés doit être soumise à essai.

Une gorge est prévue pour un joint torique sur les faces du corps-bridés en contact avec les brides de la tuyauterie ou du composant à raccorder. Les dimensions recommandées des garnitures et des joints d'étanchéité sont indiquées à l'Annexe E.

6.7.3.3 Papillon

Le papillon doit être en métal et ne présenter aucune porosité ni défoliation afin d'éviter la contamination par des particules métalliques.

6.7.3.4 Mécanisme d'entraînement

Le mécanisme d'entraînement contient toutes les parties qui entraînent ou soutiennent le papillon, assurent l'étanchéité (y compris le capuchon, s'il est présent) et indiquent la position de la vanne.

Le mécanisme d'entraînement doit:

- être complètement intégré dans l'épaisseur du corps-bridés jusqu'à la limite du diamètre de bride;
- assurer la résistance mécanique nécessaire pour résister à la pression d'essai exercée sur le papillon fermé. Pour $DN \geq 125$ mm, le papillon doit être également guidé sur la partie inférieure;
- indiquer la position du papillon avec des symboles normalisés ou par écrit;
- ouvrir le papillon dans le sens inverse des aiguilles d'une montre et le fermer dans le sens des aiguilles d'une montre;
- être totalement étanche à l'huile vers l'extérieur de la tuyauterie. Les garnitures du mécanisme d'entraînement, le cas échéant, doivent être aisément remplacées en cas de défaillance ou d'usure;
- pouvoir résister au traitement de préparation de surface de la cuve du transformateur, y compris le sablage et la peinture. Cela est particulièrement important pour les vannes de radiateur à manchette soudée. Un dispositif de protection temporaire peut être utilisé pendant ce processus;
- pouvoir être sécurisé en position ouverte ou fermée à l'aide d'un cadenas ou d'un plomb.

6.7.3.5 Vis

Toutes les vis exposées à l'atmosphère doivent être en acier inoxydable ou en laiton.

6.7.4 Dispositions et dimensions de l'assemblage

6.7.4.1 Dispositions et dimensions obligatoires

L'Annexe D présente les dispositions d'assemblage et les dimensions de montage. L'Annexe E présente les caractéristiques des joints d'étanchéité et de leurs portées.

6.7.4.2 Types d'assemblages

Les types de vannes papillon diffèrent en fonction de leur mode d'assemblage sur la tuyauterie suivant les dispositions suivantes:

- Assemblage par soudage:
disposition d'assemblage selon la Figure D.1. Les vannes possèdent des trous non filetés. À la demande, des vannes à trous filetés M16 peuvent être fournies.
- Assemblage entre deux brides ou entre la paroi de cuve et la bride – corps à épaulement:
disposition d'assemblage selon la Figure D.3 et la Figure D.4. Les vannes sont à trous non filetés.
- Assemblage entre deux brides – corps pleine épaisseur:
disposition d'assemblage selon la Figure D.7. Les vannes sont à trous filetés.

6.7.4.3 Plage de diamètres nominaux (DN)

Les dimensions de vanne papillon sont classées par diamètre nominal (DN). Les diamètres nominaux normalisés sont 25 mm, 50 mm, 80 mm, 100 mm, 125 mm, 150 mm, 175 mm, 200 mm, 250 mm et 300 mm.

Les Figure D.2, Figure D.5, Figure D.6, Figure D.8 et Figure D.9 montrent les dimensions de montage préférentielles.

6.7.4.4 Dimensions et types de joints, dimensions des portées de joints

6.7.4.4.1 Généralités

Les joints doivent être considérés comme des parties faisant l'objet d'un vieillissement. Par conséquent, leur remplacement doit être aussi aisé que possible. De plus, le matériau du joint est le principal élément responsable du respect des conditions de fonctionnement admises.

6.7.4.4.2 Joints et matière des joints

Sauf spécification contraire, les vannes papillon avec des brides à gorges doivent être livrées avec un ensemble de joints toriques O-ring normalisés en caoutchouc nitrile (NBR). Les vannes papillon à portée de joint plate sont fournies sans joint de montage.

Sauf spécification contraire, les garnitures intérieures sont en caoutchouc nitrile (NBR).

D'autres matières de joint prévues pour des conditions de fonctionnement hors de la plage prévue pour le caoutchouc nitrile peuvent être fournies dans le cadre d'un accord entre le fournisseur et l'acheteur.

Pour éviter toute confusion, les joints doivent faire l'objet d'un code couleur en fonction du matériau.

6.7.4.4.3 Critères de conception des portées de joints – Choix des joints de bride

Les critères suivants doivent être appliqués lors du choix des joints toriques et de la conception des portées de joints:

- les joints toriques doivent être conformes à l'ISO 3601-1;
- la gorge doit être conçue pour une étanchéité hydraulique axiale avec pression interne;
- les gorges doivent permettre d'utiliser des brides à coulissantes normalisées satisfaisant à l'ISO 7005-1, série PN sur la tuyauterie. Cela peut ne pas être possible pour les vannes de Type B1 et de Type B2;

- compte tenu de la faible pression de service et de la moindre planéité des brides généralement utilisées lors de la fabrication des transformateurs, la validité des critères suivants a été démontrée en service:
 - compression radiale de la garniture à $(33 \pm 2) \%$ du diamètre de tore;
 - section et volume de la gorge de joint entre 12 % et 17 % supérieurs à la section et au volume du joint.

L'Annexe E détaille les dimensions normalisées des gorges de joints et les références des joints toriques correspondants. D'autres références de gorges et dimensions de joints d'étanchéité peuvent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

6.7.5 Performances

6.7.5.1 Étanchéité de la vanne montée

Les vannes montées sur la tuyauterie, en condition normale de fonctionnement, sous pression, en position ouverte ou fermée, ne doivent présenter aucune fuite à l'extérieur de la tuyauterie.

Lors de la fermeture ou de l'ouverture de la vanne, de légères fuites sont acceptées au niveau de l'arbre.

La vanne en position ouverte doit pouvoir résister à l'essai de tenue au vide général appliqué aux transformateurs équipés de radiateurs.

6.7.5.2 Étanchéité du papillon (type métal sur métal)

Une fuite est admise au niveau de la vanne papillon fermée. Le Tableau 8 indique les taux de fuites admis en fonction du diamètre nominal. Les valeurs du Tableau 8 s'appliquent avec de l'huile à 20 °C, 100 kPa et une viscosité de 30,5 mm²/s.

Tableau 8 – Valeur de fuite maximale admissible

Diamètre nominal de la vanne mm	≤ 100	> 100 à ≤ 175	> 175
Fuite admise en dm ³ /h mesurée en 1 h	≤ 0,5	≤ 1,0	≤ 2,0

6.7.5.3 Couple de manœuvre

Les valeurs de couple suivantes doivent être fournies par le fabricant et incluses dans le manuel d'exploitation ou la fiche technique:

- couple de fermeture – couple nécessaire à la fermeture complète de la vanne, depuis la position ouverte;
- couple d'ouverture – couple initial maximal nécessaire à l'ouverture de la vanne après fermeture complète.

6.7.6 Essais

6.7.6.1 Liste des essais

6.7.6.1.1 Essais individuels de série

- Étanchéité du papillon et couples de fonctionnement.

6.7.6.1.2 Essais de type

La liste d'essais suivante n'est pas dans un quelconque ordre particulier.

- Étanchéité de la vanne montée;

- Suppression de service maximale avec la vanne papillon en position ouverte et fermée.

6.7.6.2 Étanchéité du papillon et couples de fonctionnement

Cet essai doit être réalisé en procédant à un échantillonnage sur chaque lot de fabrication. Le nombre d'échantillons doit être décidé et déclaré par le fabricant.

La vanne doit être fermée à l'aide d'une clé dynamométrique selon les valeurs indiquées dans la fiche technique du fabricant. La vanne doit ensuite être soumise à un essai avec de l'huile à 20 °C, 100 kPa et une viscosité de 30,5 cSt. La fuite au niveau de la vanne papillon sur une période de 1 h doit être inférieure aux valeurs admissibles maximales indiquées dans le Tableau 8.

Après l'essai d'étanchéité, la vanne doit être ouverte et le couple initial maximal doit être inférieur à la valeur indiquée dans la fiche technique du fabricant.

6.7.6.3 Essai de type

6.7.6.3.1 Étanchéité de la vanne montée

Cet essai doit être réalisé avec de l'air à une pression de 200 kPa sur la vanne montée sur un tuyau à brides d'un côté et obturée de l'autre. Aucune fuite d'air ne doit être observée lorsque tout l'assemblage est plongé dans l'eau.

L'étanchéité de la vanne montée sous pression ou sous vide doit être garantie par la conception de la vanne et par les matériaux et caractéristiques d'usinage utilisés lors de la construction.

6.7.6.3.2 Suppression de service maximale avec la vanne papillon en position ouverte et fermée

La vanne doit être montée sur une tuyauterie dans laquelle une pression d'huile de 200 kPa peut être créée des deux côtés de la vanne papillon.

Après 5 opérations d'ouverture et de fermeture sans dysfonctionnement dans toutes les conditions:

- pression des deux côtés;
- pression de chaque côté;

la vanne doit réussir les essais de 6.7.6.3.1 et de 6.7.6.2.

La vanne doit ensuite être démontée de la tuyauterie et faire l'objet d'un examen visuel afin de vérifier l'intégrité des composants. Aucun signe de déformation ne doit être apparent.

6.7.7 Conditions de fourniture

La vanne doit être fournie sans copeaux métalliques ni particule, et être légèrement huilée avec de l'huile minérale pour transformateur afin d'éviter la corrosion pendant l'expédition et le stockage.

6.8 Boîtes à bornes

6.8.1 Généralités

Le paragraphe 6.8 définit les caractéristiques fonctionnelles et de fabrication des boîtes à bornes, ainsi que leurs dimensions hors-tout générales.

6.8.2 Degré de protection

Le cas échéant, sauf spécification contraire, le degré de protection du dispositif prévu pour une installation extérieure doit être au moins IP 54 conformément à l'IEC 60529.

Le degré de protection contre les impacts mécaniques extérieurs doit être IK 07 avec une charge verticale admissible de 100 daN.

6.8.3 Fonction des boîtes de raccordement

Les circuits de mesure, de commande et d'enregistrement des données des transformateurs électriques isolés à l'huile exigent des signaux de faibles tension et courant en courant alternatif et en courant continu qui doivent être sortis de la cuve. En règle générale, les transformateurs de courant exigent ce type de connexions.

De plus, la mise à la terre des parties mécaniques à l'intérieur de la cuve du transformateur exige des connexions électriques étanches à l'huile et isolées entre l'intérieur et l'extérieur de la cuve. En règle générale, la mise à la terre du noyau et de l'habillage exige ce type de connexions.

6.8.4 Construction générale

La boîte à bornes est composée d'un boîtier à brides avec une ou plusieurs entrées de câble fileté, et obturée. Les bornes sont montées à l'intérieur du boîtier et sont étanches à l'huile et isolées du boîtier lui-même.

Le boîtier est monté sur la cuve dans une position permettant de raccorder les câbles qui doivent être disposés à l'extérieur de la cuve. Une extrémité de la borne est connectée à l'intérieur de la cuve du transformateur, l'autre extrémité étant connectée par un conducteur isolé à l'intérieur de la boîte à bornes à l'extérieur de la cuve par l'intermédiaire des entrées de câble fileté.

La boîte à bornes doit être conçue pour permettre son montage dans toutes les positions. Pour réduire le risque de pénétration d'humidité, les entrées de câble doivent être placées en partie inférieure de la boîte à bornes ou en position horizontale.

Si le boîtier de la boîte à bornes est métallique, un point de connexion de liaison équipotentielle externe doit être prévu.

6.8.5 Dimensions hors-tout

La Figure F.1 et le Tableau F.1 de l'Annexe F fournissent les dimensions de montage préférentielles des boîtes à bornes de différentes tailles.

6.8.6 Caractéristiques fonctionnelles et de fabrication préférentielles du boîtier

- Le boîtier à brides doit de préférence disposer d'un fond abaissé pour éviter les poches d'air, et doit être étanche à l'huile;
- La bride doit posséder un joint d'étanchéité pour assurer l'étanchéité de l'assemblage sur la cuve;
- Le boîtier doit disposer d'une ou de plusieurs entrées de câble et être fermé par un couvercle;
- Une étiquette posée sur l'extérieur du boîtier doit permettre son identification.

6.8.7 Caractéristiques fonctionnelles et de fabrication préférentielles des bornes

- Les bornes doivent être des conducteurs monoblocs, de préférence en laiton ou en cuivre, avec des moyens prévus aux deux extrémités pour raccorder les câbles;
- La section minimale des bornes doit être aux extrémités de connexion;

- Les bornes à filetage M6, M10 et M12 sont actuellement utilisées;
- Les bornes M6 sont en général utilisées pour la connexion de transformateurs de courant. Les bornes M10 et M12 le sont en général pour la mise à la terre du noyau et de l'habillage;
- Les bornes doivent être isolées les unes des autres, et isolées du boîtier;
- Les bornes doivent être étanches à l'huile;
- Les bornes doivent être identifiées aux deux extrémités par des numéros et/ou des lettres afin de faciliter l'identification du câblage;
- Une étiquette à l'intérieur du couvercle ou une identification adaptée doit être prévue pour permettre la détermination de la fonction de chaque borne;
- Les bornes doivent être montées à l'intérieur de la boîte de telle sorte qu'elles ne puissent pas tomber à l'intérieur de la cuve même si l'écrou de serrage est accidentellement desserré;
- Les bornes doivent être montées à l'intérieur de la boîte de telle sorte qu'elles ne puissent pas se tordre lors du vissage et du dévissage de l'extrémité de câble, et de sorte qu'aucun desserrage accidentel ne puisse se produire pendant le transport, la manipulation et le montage.

6.8.8 Performances

- Le montage de la boîte sur la cuve doit satisfaire aux exigences PN10 de l'ISO 7005-1;
- La conception de la boîte et des bornes doit résister sans dommage mécanique à une pression interne dans la cuve de 400 kPa ou au vide complet;
- L'isolation entre les bornes et entre les bornes et la terre doit être d'au moins 2,5 kV en courant alternatif 60 s;
- Pour les connexions à des transformateurs de courant ayant une tension de coude de saturation dépassant 2 kV, l'essai d'isolation doit être réalisé à 4 kV en courant alternatif 60 s;
- Des niveaux d'isolation plus élevés pour des bornes utilisées pour la mise à la terre du noyau et de l'habillage peuvent être exigés;
- La boîte à bornes et les bornes doivent être compatibles avec le liquide isolant;
- Le courant permanent maximal admis sur la borne doit être déclaré par le fabricant. Les valeurs classiques de courant assigné sont de 40 A pour les bornes utilisées pour les transformateurs de courant, et de 250 A pour les bornes utilisées pour la mise à la terre du noyau et de l'habillage.

6.8.9 Essais

6.8.9.1 Liste des essais

6.8.9.1.1 Essais individuels de série

La liste d'essais suivante n'est pas dans un quelconque ordre particulier.

- Isolement entre les bornes et la terre;
- Essai d'étanchéité.

6.8.9.1.2 Essais de type

La liste d'essais suivante n'est pas dans un quelconque ordre particulier.

- Essais d'isolement entre les bornes;
- Essai de tenue au vide;
- Essais de tenue à la pression;
- Essai de température maximale admise des bornes.

6.8.9.2 Essais individuels de série

6.8.9.2.1 Essai d'isolement entre les bornes et la terre

Le fabricant doit procéder à un essai de tension de tenue à fréquence industrielle de courte durée (60 s) entre toutes les bornes ensemble et la terre.

La tension d'essai doit être de 2,5 kV.

6.8.9.2.2 Essai d'étanchéité

Le fabricant doit procéder à un essai visant à démontrer que le dispositif ne fuit pas en fonctionnement. La description de la procédure d'essai doit être mise à la disposition du client à sa demande.

L'essai réalisé par le fabricant doit être au moins aussi fiable qu'un essai réalisé en injectant de l'air à une surpression de $2,5 \times 10^5$ Pa dans le dispositif plongé dans un récipient d'eau pendant au moins 5 min à température ambiante, afin d'observer si des bulles d'air s'échappent, ou qu'un essai de fuite d'hélium avec un taux de fuite inférieur à 4×10^{-6} Pa m³/s.

6.8.9.3 Essais de type

6.8.9.3.1 Essais d'isolement entre les bornes

Le fabricant doit procéder à un essai de tension de tenue à fréquence industrielle de courte durée (60 s) entre une borne et chaque borne adjacente.

La tension d'essai doit être de 2,5 kV.

6.8.9.3.2 Essai de tenue au vide

L'essai doit être réalisé sur l'ensemble de la boîte à bornes, montée sur une cuve comme en service, pendant 24 h à 2,5 kPa en pression absolue.

À la fin de l'essai, la boîte à bornes doit faire l'objet d'un examen visuel pour vérifier qu'aucun dommage ne s'est produit, et les essais individuels de série doivent être répétés avec succès.

6.8.9.3.3 Essais de tenue à la pression

L'essai doit être réalisé sur l'ensemble de la boîte à bornes, montée sur une cuve comme en service, avec de l'huile à 400 kPa pendant 2 min à une température de 70 °C.

À la fin de l'essai, la boîte à bornes doit faire l'objet d'un examen visuel pour vérifier qu'aucun dommage ne s'est produit, et les essais individuels de série doivent être répétés avec succès.

6.8.9.3.4 Température maximale admise des bornes

L'essai doit être réalisé sur l'ensemble de la boîte à bornes, montée sur une cuve comme en service, avec de l'huile à une température de 70 °C.

Pour les boîtes à bornes de transformateur de courant, un courant de 40 A doit être injecté en permanence pendant 2 h. À la fin de l'essai, la température ne doit pas dépasser 100 °C. La boîte à bornes doit faire l'objet d'un examen visuel pour vérifier qu'aucun dommage ne s'est produit, et les essais individuels de série doivent être répétés avec succès.

Pour les coffrets de mise à la terre du noyau et de l'habillage, un courant de 250 A doit être injecté en permanence pendant 2 h. À la fin de l'essai, la température ne doit pas dépasser 100 °C. La boîte à bornes doit également faire l'objet d'un examen visuel pour vérifier

qu'aucun dommage ne s'est produit, et les essais individuels de série doivent être répétés avec succès.

6.9 Prise d'échantillon

6.9.1 Généralités

Le paragraphe 6.9 définit certaines caractéristiques fonctionnelles et de fabrication des prises d'échantillon utilisées sur les transformateurs pour échantillonner le liquide isolant.

La prise d'échantillon est toujours un point d'extrémité, mais elle peut être combinée à une tuyauterie, à une vanne terminale ou à une vanne de traitement ou vidange d'huile.

6.9.2 Exigences et caractéristiques

6.9.2.1 Exigences

La prise d'échantillon doit:

- comporter un capuchon de protection pour éviter de polluer l'orifice d'échantillonnage lorsqu'il n'est pas utilisé;
- lorsqu'elle est ouverte, être parfaitement étanche avec le capuchon de protection en place;
- lorsqu'elle est fermée, être parfaitement étanche même sans capuchon de protection;
- comporter une étanchéité de type métal sur métal, l'étanchéité du capuchon de protection pouvant comporter un joint résistant au liquide;
- disposer d'un moyen de contrôler le débit de liquide;
- être résistante au liquide, à la corrosion et résiliente aux chocs mécaniques. Le bronze, le laiton ou l'acier inoxydable sont actuellement utilisés;
- résister à une surpression de 400 kPa lorsqu'elle est fermée.

6.9.2.2 Exemples de différents dispositifs

Sauf spécification contraire, l'un des deux types présentés dans la Figure 15 et la Figure 16 doit être fourni.

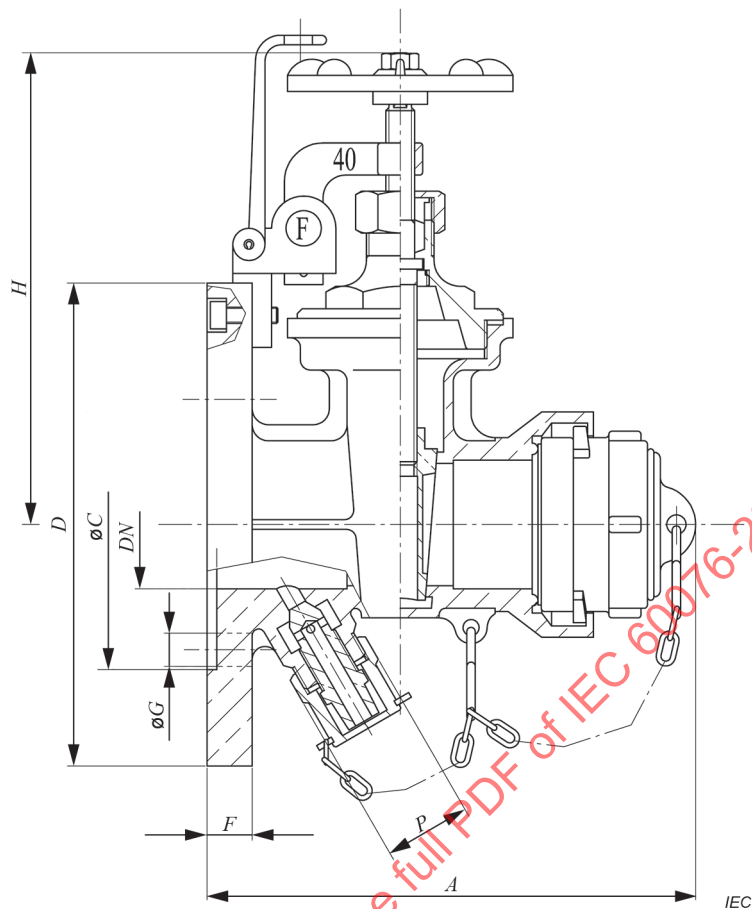


Figure 15 – Prise d'échantillon NF C 51-123

Tableau 9 – Dimensions de la prise d'échantillon de la Figure 15

Dimensions en millimètres

Taille nominale	<i>D</i>	N° de trous Ø <i>G</i> sur PCD	<i>C</i>	<i>F</i>	<i>H</i> max	<i>A</i> max	<i>E</i> max	<i>P</i>
DN 25	115	4 x Ø 14 sur Ø 85	69	4,5	150	140	13	27
DN 40	150	4 x Ø 18 sur Ø 110	88	4,5	180	190	15	27
DN 50	165	4 x Ø 18 sur Ø 125	103	4,5	190	220	16	27

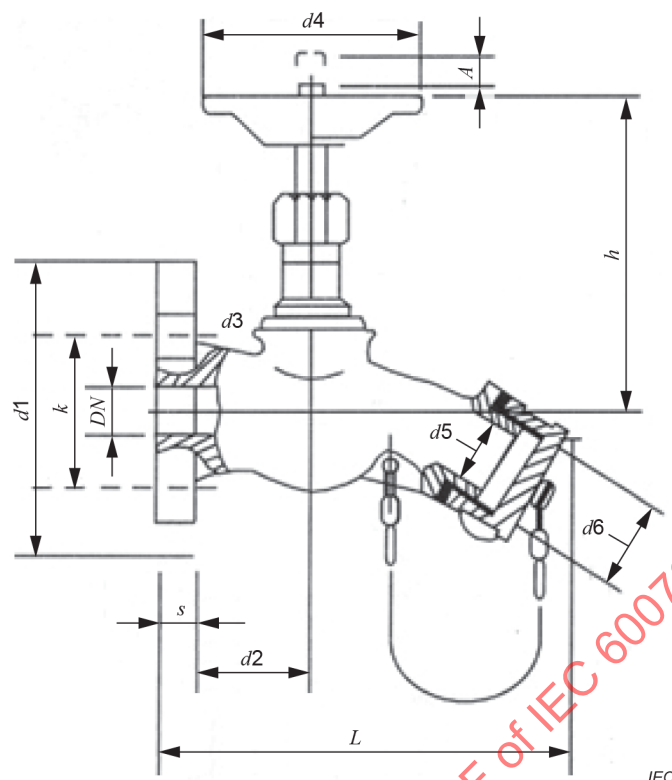


Figure 16 – Prise d'échantillon DIN 42568

Tableau 10 – Dimensions de la prise d'échantillon de la Figure 16

Dimensions en millimètres

Taille nominale	d_1	k	N° de trous d_3	s	d_2	L max	h max	A max	d_4	d_5	d_6
DN 15	Ø 80	55	4 × Ø 11,5	10	44	112	105	10	60	15	R 15,875 ($\frac{5}{8}$ ")
DN 32	□ 90 × 90	90	4 × Ø 14	13	55	130	135	19	90	32	R 31,75 (1 $\frac{1}{4}$ ")

6.9.3 Essais

6.9.3.1 Liste des essais

6.9.3.1.1 Essais individuels de série

- Étanchéité de la prise d'échantillon.

6.9.3.1.2 Essais de type

- Suppression de service maximale.

6.9.3.2 Essais individuels de série – Étanchéité de la prise d'échantillon

Cet essai doit être réalisé en procédant à un échantillonnage sur chaque lot de fabrication. Le nombre d'échantillons doit être décidé et déclaré par le fabricant.

Le dispositif doit être fermé. Le dispositif doit ensuite être soumis à l'essai avec de l'huile à 20 °C, 100 kPa et une viscosité de 30,5 cSt. Aucune fuite ne doit se produire sur une période de 1 h.

6.9.3.3 Essai de type

6.9.3.3.1 Surpression de service maximale avec le dispositif en position fermée

Le dispositif doit être monté sur une tuyauterie dans laquelle une pression d'huile de 400 kPa peut être créée côté liquide du dispositif.

Après 5 manœuvres d'ouverture – fermeture sans dysfonctionnement, le dispositif doit réussir l'essai de 6.9.3.2.

Le dispositif doit ensuite être démonté de la tuyauterie et faire l'objet d'un examen visuel afin de vérifier l'intégrité des composants. Aucun signe de déformation ne doit être évident.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60076-22-7:2020

Annexe A (informative)

Calcul de la capacité en courant des bornes de mise à la terre

A.1 Théorie

Il est pris pour hypothèse que l'échauffement du conducteur est adiabatique. Le courant I , qui circule dans un conducteur présentant une résistance $R_{(\theta)}$ à la température θ pendant dt , fournit une énergie:

$$dW = R_{(\theta)} I^2 \times dt$$

qui donne un échauffement si son poids est m et sa capacité thermique massique est C_p , défini par:

$$dW = m \times C_p \cdot d\theta$$

donnant l'équation différentielle $m \times C_p \times d\theta = R_{(\theta)} I^2 \times dt$

En gardant à l'esprit que la résistance $R_{(\theta)}$ est exprimée par

$$R_{(\theta)} = \rho_{(\theta)} \frac{L}{S}$$

où

$\rho_{(\theta)}$ est la résistivité du conducteur;

L est la longueur du conducteur;

S est la section du conducteur;

$$m = \Delta LS$$

où

Δ est la densité du matériau;

et que

$$\rho_{(\theta)} = \rho_{(0)} [1 + \alpha (\theta - \theta_0)]$$

où

α est le coefficient de variation de résistivité;

θ_0 est la température de référence où $\rho_{(0)}$ est défini

Il s'ensuit que $m \cdot C_p \cdot d\theta = R_{(\theta)} I^2 \cdot dt$ peut être écrit

$$\Delta \cdot L \cdot S \cdot C_p \cdot d\theta = \rho_{(0)} [1 + \alpha (\theta - \theta_0)] \frac{L}{S} I^2 \cdot dt$$

c'est-à-dire

$$\frac{\Delta \cdot S^2 \cdot C_p \cdot d\theta}{\rho_{(0)} [1 + \alpha(\theta - \theta_0)]} = I^2 \cdot dt$$

Par intégration, il se produit que

$$\int_0^T I^2 \cdot dt = \frac{\Delta \cdot S^2 \cdot C_p}{\rho_{(0)}} \int_{\theta_i}^{\theta_f} \frac{d\theta}{[1 + \alpha(\theta - \theta_0)]}$$

T = durée du court-circuit

qui est exprimé

$$I^2 \cdot T = \frac{\Delta \cdot S^2 \cdot C_p}{\rho_{(0)} \cdot \alpha} \cdot \ln \left[\frac{1 + \alpha(\theta_f - \theta_0)}{1 + \alpha(\theta_i - \theta_0)} \right]$$

où θ_f est la température finale et θ_i la température initiale.

Cette formule exprime la relation entre la température, le courant et la durée d'application et les propriétés du matériau conducteur. Elle permet de déterminer le courant admissible maximal pour un matériau donné en maintenant la température finale sous un certain seuil.

La formule se présente ensuite comme suit:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta \cdot S^2 \cdot C_p}{T \rho_{(0)} \cdot \alpha} \cdot \ln \left[\frac{1 + \alpha(\theta_f - \theta_0)}{1 + \alpha(\theta_i - \theta_0)} \right]}$$

A.2 Application aux bornes de mise à la terre

Pour le calcul des bornes de mise à la terre, la section qui a été retenue dans le présent document est celle de l'élément de mise à la terre, en considérant que la soudure sur la cuve est au moins aussi large que la section de la borne. Pour des éléments de mise à la terre à goujon fileté, la section minimale du filetage a été conservée.

Les matériaux et méthodes de soudage pour le raccordement des bornes à la cuve doivent pouvoir résister aux températures maximales indiquées dans le Tableau A.1 pour chaque type de borne sans causer de préjudice.

Les valeurs de courant maximales données dans le Tableau A.2 concernent uniquement la borne de mise à la terre et sa connexion à la cuve. Il convient que les connexions de la terre à la borne soient adaptées pour correspondre à ces valeurs.

Le Tableau A.1 compile les propriétés des matériaux qui ont été utilisées pour le calcul.

Tableau A.1 – Données des matériaux pour le calcul de la capacité de courant

			Cuivre	Acier	Acier inoxydable 304L	Acier inoxydable 316L	Laiton	Aluminium
Température finale	θ_f	°C	250	300	300	300	250	200
Poids spécifique	Δ	kg/m ³	8 900	7 800	7 900	7 900	8 500	2 700
Résistivité à la température de référence	ρ_0	Ω	2,10E-08	1,30E-07	7,30E-07	7,50E-07	7,10E-08	2,78E-08
Température de référence	θ_0	°C	75	20	20	20	20	20
Coefficient de variation de résistivité	α	K ⁻¹	0,003 93	0,006 6	0,000 016	0,000 017	0,001 5	0,003 9
Capacité calorifique	C_p	J/(kg x K)	394	515	502	502	385	879

Le Tableau A.2 compile les résultats pour chaque matériau et chaque type de bornes de mise à la terre. Noter que la durée de circulation du courant a été définie à 0,5 s, ce qui est considéré comme supérieur au fonctionnement normal du système de protection, cette durée étant différente de la capacité thermique des enroulements exigée par l'IEC 60076-5 de 2 s, car dans tous les cas, un défaut à la terre déclenche le transformateur.

Les limites de température ont été définies à 200 °C pour l'aluminium au-dessous de sa température de recuit, et à 250 °C pour le laiton et le cuivre. Noter que pour les éléments en cuivre et en laiton, la nature du brasage sur la cuve en acier peut réduire cette valeur, dont il convient qu'elle reste inférieure à la température de fusion du matériau de brasage utilisé. Par exemple, si de l'étain est utilisé pour braser le cuivre sur l'acier, la température maximale serait de 120 °C, qui est la température de fusion de l'étain. Pour l'acier, une température de 300 °C a été considérée comme étant la limite habituelle au-dessus de laquelle des problèmes peuvent affecter les connexions.

Tableau A.2 – Courant admissible maximal pour les bornes de mise à la terre normalisées, pendant 0,5 s

Paramètre	Unité		Cuivre	Acier	Acier inoxydable 304L	Acier inoxydable 316L	Laiton	Aluminium
Température finale	θ_f	°C	250	300	300	300	250	200
Type de bornes de terre		Section S en m ²	Courant de court-circuit dans la limite de températures, en kA					
B1	Φ 30 M12	0,000 594	141,82	55,19	31,52	31,10	76,03	83,96
B2	5 × 30	0,000 150	35,83	13,94	7,96	7,86	19,21	21,21
B3	M12	0,000 076	18,21	7,09	4,05	3,99	9,76	10,78
B4	60 × 10	0,000 600	143,31	55,77	31,85	31,42	76,83	84,84
B5	120 × 10	0,001 200	286,63	111,54	63,70	62,84	153,67	169,68
B6	110 × 10	0,001 100	262,74	102,24	58,40	57,61	140,86	155,54
B7	50,8 × 88,9	0,001 397	333,68	129,85	74,16	73,16	178,89	197,54