

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Power transformers –

Part 22-5: Power transformer and reactor fittings – Electric pumps for transformers

Transformateurs de puissance –

Partie 22-5: Accessoires pour transformateurs de puissance et bobines d'inductance – Électropompes pour transformateurs

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60076-22-5:2021



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2021 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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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.

IEC online collection - oc.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

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 18 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

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.

IEC online collection - oc.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

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.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Power transformers –

Part 22-5: Power transformer and reactor fittings – Electric pumps for transformers

Transformateurs de puissance –

Partie 22-5: Accessoires pour transformateurs de puissance et bobines d'inductance – Électropompes pour transformateurs

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.180

ISBN 978-2-8322-9249-5

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	4
1 Scope	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	7
4 Service conditions	7
4.1 General	7
4.2 Degree of protection of electrical components (IP)	8
4.3 External corrosion protection	8
4.4 Internal corrosion protection	8
4.5 Insulating liquid characteristics	8
5 General characteristics and requirements	8
5.1 Rating plate information	8
5.2 Direction of liquid flow and rotation	9
5.3 General mechanical requirements	9
5.4 Casing or enclosure	9
5.5 Terminal box	10
5.6 Materials	10
5.7 Preferred sizes	10
5.8 Performance requirements	10
5.8.1 General	10
5.8.2 Hydraulic performance	11
5.8.3 Hydraulic interchangeability	11
5.8.4 Electrical performance	12
5.8.5 Noise	13
5.9 Tests	13
5.9.1 General	13
5.9.2 List of tests	13
5.9.3 Routine tests	13
5.9.4 Type tests	14
5.9.5 Special tests	15
Annex A (informative) Preferred sizes of end suction pumps	16
Annex B (informative) Preferred sizes of in-line pumps	18
Annex C (informative) Information required with enquiry, proposal and purchase order	19
Annex D (informative) Example of use of hydraulic interchangeability tolerances	20
Bibliography	24
Figure 1 – Hydraulic interchangeability across the allowable operating range	11
Figure 2 – Hydraulic interchangeability across an actual flow range	12
Figure A.1 – Dimensions of end suction pumps	16
Figure B.1 – Dimensions of in-line pumps	18
Figure D.1 – Pressure-flow characteristics	20
Figure D.2 – Tolerances as given in 5.8.3 applied to pump A	21
Figure D.3 – Pressure-flow characteristic of pump B superimposed on the characteristic of pump A	22

Figure D.4 – Pressure-flow characteristic of pumps C and D superimposed on the characteristic of pump A	22
Figure D.5 – Flow ranges	23
Table A.1 – Dimensions of preferred sizes of end suction pumps (mm)	17
Table B.1 – Dimensions of preferred sizes of in-line pumps (mm)	18

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60076-22-5:2021

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

POWER TRANSFORMERS –

**Part 22-5: Power transformer and reactor fittings –
Electric pumps for transformers**

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.

IEC 60076-22-5 has been prepared by IEC technical committee 14: Power transformers. It is an International Standard.

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

Draft	Report on voting
14/1021/CDV	14/1040A/RVC

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/standardsdev/publications.

A list of all parts in the IEC 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 60076-22-5:2021

POWER TRANSFORMERS –

Part 22-5: Power transformer and reactor fittings – Electric pumps for transformers

1 Scope

This part of IEC 60076 covers electric pumps used in the cooling circuits of power transformers and reactors. It applies to electric pumps mounted on liquid immersed power transformers according to IEC 60076-1 and reactors according to IEC 60076-6 with and without conservator for indoor or outdoor installation.

It outlines the operation requirements for the electrical and hydraulic performance, mechanical design, routine testing and type testing. Additionally, performance and dimensions of preferred sizes of pump sets are specified in informative annexes.

The pumps covered in this document are rotodynamic pumps driven by a squirrel cage induction motor that is immersed in the insulating liquid.

Pump sets conforming to this document can be of in-line or end suction design.

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 60034-1:2017, *Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance*

IEC 60034-5, *Rotating electrical machines – Part 5: Degrees of protection provided by the integral design of rotating electrical machines (IP code) – Classification*

IEC 60034-9, *Rotating electrical machines – Part 9: Noise limits*

IEC 60076-1:2011, *Power transformers – Part 1: General*

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

IEC 60085, *Electrical insulation – Thermal evaluation and designation*

IEC 60296, *Fluids for electrotechnical applications – Mineral insulating oils for electrical equipment*

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

ISO 179-1:2010, *Plastics – Determination of Charpy impact properties – Part 1: Non-instrumented impact test*

ISO 185, *Grey cast irons – Classification*

ISO 281, *Rolling bearings – Dynamic load ratings and rating life*

ISO 3522, *Aluminium and aluminium alloys – Castings – Chemical composition and mechanical properties*

ISO 4406, *Hydraulic fluid power – Fluids – Method for coding the level of contamination by solid particles*

ISO 7005-2, *Metallic flanges – Part 2: Cast iron flanges*

ISO 9906, *Rotodynamic pumps – Hydraulic performance acceptance tests – Grades 1, 2 and 3*

ISO 12944 (all parts), *Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems*

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

electric pump

<for transformers> component that circulates insulating liquid through the cooling system and the transformer

Note 1 to entry: Two pump designs are considered: in-line and end suction pumps.

3.2

in-line pump

pump having the suction and delivery flanges on the same axis

Note 1 to entry: They can be of the centrifugal or propeller type; the axis of the flanges generally corresponds to the axis of rotation of the pump rotor.

3.3

end suction pump

pump having the suction and delivery flanges on perpendicular axes

Note 1 to entry: They can be of the centrifugal type only; the axis of the suction flange corresponds to the axis of rotation of the pump rotor.

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 equipment specified in this document. For any unusual service conditions which require special consideration in the design of the equipment see IEC 60076-1:2011, 5.5. Operation under such unusual service conditions shall be subject to agreement between the purchaser and supplier, as they require special consideration in the design of the equipment.

4.2 Degree of protection of electrical components (IP)

The degree of protection of the connecting box or terminal box for outdoor installation shall be at least IP 54 according to IEC 60529, unless otherwise specified by the purchaser.

4.3 External corrosion protection

The materials used for the construction of the equipment or the surface treatment shall be resistant to the insulating liquid and suitable to withstand the environmental conditions given in 4.1. The corrosion protection shall be agreed between purchaser and manufacturer according to ISO 12944 (all parts) or other standards as agreed with the purchaser. The responsibility to specify the correct level of corrosion protection lies with the purchaser and is dependent on the environment where the transformer will be located and on the durability required. Where no level of corrosion protection is specified, the minimum shall be C4 medium.

4.4 Internal corrosion protection

It shall be ensured that pumps are clean and free of all foreign matter and contamination.

In consideration of the storage conditions and expected time between shipment and commissioning, the corrosion protection on the inner side of the pump shall be agreed between purchaser and manufacturer. If required by the purchaser, internal surfaces of cast iron shall be finished with an oil resisting protective system.

As a minimum requirement, precautions shall be taken to prevent the ingress of moisture and the development of internal corrosion by using blanking plates with gaskets.

4.5 Insulating liquid characteristics

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

When the insulating liquid is not mineral oil then the viscosity variation, the operating temperature and all the other operating characteristics shall be indicated by the purchaser.

5 General characteristics and requirements

5.1 Rating plate information

The rating plate shall be corrosion resistant and acid proof. It shall be visible when the pump is assembled to the transformer and carry the following data:

- name or logo of the manufacturer;
- country and manufacturing location;
- number of this document (i.e. IEC 60076-22-5);
- manufacturer's identification
- manufacturer's serial number;
- year of manufacturing;
- type of protection by casing (IP code) compliant with IEC 60034-5;
- Rated flow [m³/h] at 60 °C;
- rated pressure [kPa];
- CE marking or marking in accordance with any other regulation (if applicable);
- thermal class;
- electrical connection (Y / Δ);

- rated power or band of rated power;
- rated voltage or band of rated voltage;
- rated frequency;
- rated current or band of rated current;
- rated speed or band of rated speed;
- power factor $\cos \varphi$;
- weight [kg] if over 30 kg.

The device manufacturer's identification shall allow identification of the device characteristics from the mounting, operating and maintenance manual supplied by the manufacturer.

5.2 Direction of liquid flow and rotation

The direction of liquid flow and rotational direction shall be indelibly marked on the housing or be combined with the nameplate.

5.3 General mechanical requirements

Electric pumps for insulating fluid are glandless, rotodynamic pumps driven by a squirrel cage induction motor. Therefore, motor cooling and bearing lubrication shall be by circulation of the liquid.

The lifetime of the bearings shall be according to ISO 281 at rated conditions. Where slide bearings are used, the lifetime shall be at least 200 000 h. Ball bearings shall be of standard design with a lifetime of at least 50 000 h. The expected lifetime of the pump shall not restrict the expected lifetime of the transformer under normal service conditions.

At all times, the pumps shall be kept clean and free of contamination and humidity; this is essential.

Pumps shall be suitable for mounting with the axis of the rotating unit either horizontal or vertical. If other positions are going to be used, this shall be made known to the manufacturer.

Reverse rotation of the pump shall not cause damage to the pump.

On special request from the purchaser a mechanical or electrical device can be fitted, showing the pump rotation.

The propeller pumps used to support the liquid flow for radiators' cooling performance (e.g. with rated pressure of 50 kPa or less), shall have an impeller design which minimizes the restriction of the liquid flow when the pump is idle.

5.4 Casing or enclosure

Casings or enclosures shall be capable of withstanding a maximum working pressure of 300 kPa under operating conditions without leakage.

Suction and delivery flanges shall conform to PN10 of ISO 7005-2 for end suction pumps and PN6 or PN10 for in-line pumps. The flanges shall generally be suitable to support the pump in normal operation. Where the pump design is such that additional supports are required, for example, for high power end suction pumps, this shall be made known by the manufacturer.

It is the responsibility of the transformer or cooling circuit designer to ensure that the pump is correctly supported.

Drain and vent connections shall be provided and be suitable for the installation positions allowed.

5.5 Terminal box

The manufacturer shall specify the allowed terminal box and cable entry positions, which are preferably from below.

The connection box shall have at least one cable entry with metric thread.

An earth terminal shall be provided.

Terminals, including the earthing terminal, shall be suitable to connect 1,5 mm², 2,5 mm², 4,0 mm² or 6,0 mm² cables according to the electric power to be connected. All terminals shall be easily accessible.

A permanent label shall be provided inside the terminal box cover showing the connections required for correct rotation of the pump.

5.6 Materials

The pump casing or enclosure shall be manufactured of either cast iron according to ISO 185 grade 200 minimum or aluminium alloy according to ISO 3522 Al-Si. Other suitable materials agreed between the purchaser and manufacturer may be used.

External fasteners shall be stainless steel.

Rotating units shall be of all-metal construction to minimize the contribution to the electrostatic charging tendency of the overall system.

The terminal box shall be made from a suitable metal or glass reinforced plastic (GRP). GRP shall have a minimum Charpy impact resistance of 10 J/cm² in accordance with ISO 179-1.

5.7 Preferred sizes

The preferred sizes of pumps given in this document represent the most usual requirements. Performance and dimensions for these pumps are shown in Annex A for end suction pumps and Annex B for in-line pumps.

Pumps with other rated performance and/or dimensions may be used by agreement between purchaser and manufacturer. Such pumps shall comply with all other requirements of this document.

5.8 Performance requirements

5.8.1 General

The rated conditions are determined by the rated pressure relief of the cooling circuit in relation to the specified fluid properties at 60 °C.

It is the responsibility of the transformer or cooling circuit designer to design the pipework and its pressure relief to ensure the proper operation of the pump. The area before and behind the pump shall allow free flow. Especially the suction area shall be free of components that may cause turbulences. A positive suction head of the pump shall be provided. In case of collectors, their pipe diameters shall allow independent operation of the connected pumps.

Annex C defines the information required with enquiry, proposal and purchase order.

5.8.2 Hydraulic performance

Performance curves and nominal ratings for hydraulic performance shall be given for a liquid temperature of 60 °C and with the motor being supplied at rated voltage. Performance curves shall define the allowable operating range as specified by the pump manufacturer.

Pumps shall perform free of cavitation under operating conditions.

Cavitation can be avoided by low liquid velocities, low pressure drop before the pump inlet, free inlet flow area, low partial gas content.

5.8.3 Hydraulic interchangeability

When replacing one pump with another, it is important that flow in the cooling circuit be not greatly changed. This may be achieved by ensuring that the pump characteristic curves are sufficiently similar.

For the purposes of this document, hydraulic interchangeability is achieved when, for each point across the allowable operating range, one pump characteristic curve shows flow values within $\pm 10\%$ or pressure values within $\pm 8\%$ of another curve chosen as a datum (see Figure 1).

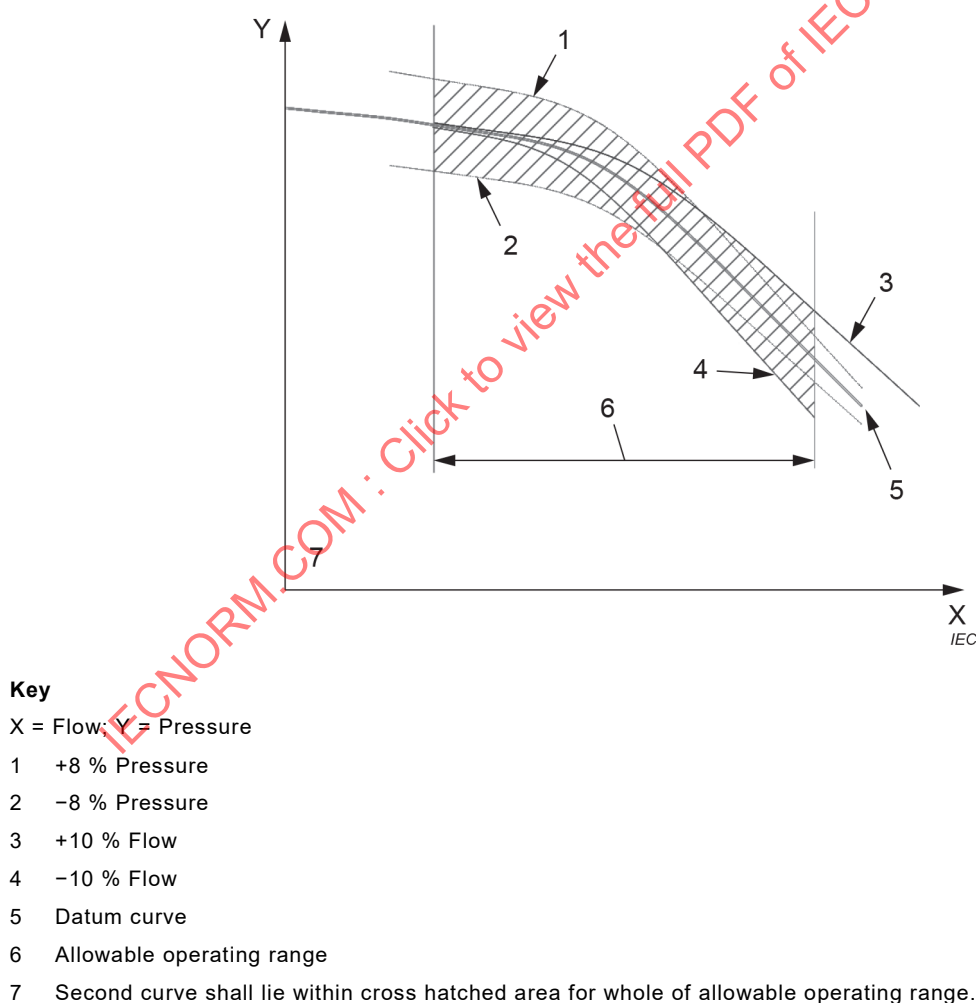
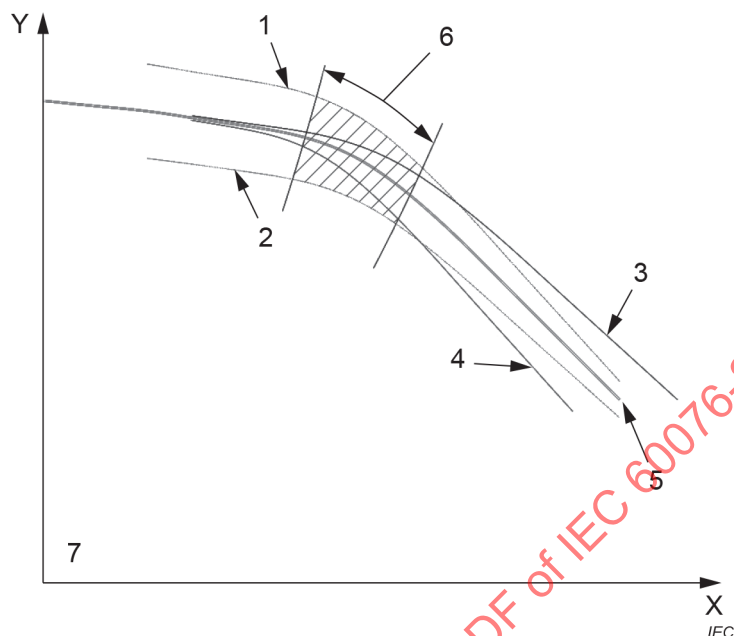


Figure 1 – Hydraulic interchangeability across the allowable operating range

Where, in a specific application, sufficient knowledge of the actual flow range is available, pump characteristic curves may be defined as interchangeable if the above condition is met across the actual flow range (see Figure 2).

Annex D gives examples of the use of these hydraulic interchangeability tolerances.

It should be noted that hydraulic interchangeability does not ensure electrical or mechanical interchangeability.



Key

X = Flow; Y = Pressure

1 +8 % Pressure

2 -8 % Pressure

3 +10 % Flow

4 -10 % Flow

5 Datum curve

6 Actual flow range

7 Second curve shall lie within cross hatched area for whole of actual flow range.

Figure 2 – Hydraulic interchangeability across an actual flow range

5.8.4 Electrical performance

5.8.4.1 Electrical supply

Pumps shall be suitable for direct-on-line starting with a supply voltage between 85 % and 110 % of the nominal voltage and within 94 % to 102 % of nominal frequency. Additionally, the pump shall be able to start at 85 % voltage at oil temperatures down to -20 °C and at 90 % down to -25 °C without damaging heating.

Motors shall be capable of recovering normal operation in the event of a system disturbance causing temporary loss of supply voltage for a period of up to three seconds followed by a sudden restoration initially to 80 % of the rated voltage.

5.8.4.2 Insulation class and temperature rise

The stator winding insulation shall conform to IEC 60085 and shall be non-hygroscopic.

The temperature rise of the motor winding when operating in liquid at 115 °C shall not exceed the liquid temperature by more than 15 K for class B insulation and 40 K for class F.

5.8.4.3 Starting current

The starting current at rated voltage shall not exceed seven times the rated full load current of the motor subject to the tolerances given in IEC 60034-1, as appropriate.

5.8.5 Noise

Sound power levels shall not exceed the values given in IEC 60034-9.

5.9 Tests

5.9.1 General

It is essential that all test rigs are kept clean and free of contamination and foreign bodies. Oil used for testing shall be filtered to Level 12 to 10 of ISO 4406.

The routine tests shall be carried out unless waived by the purchaser.

5.9.2 List of tests

5.9.2.1 Routine tests

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

- Winding resistance measurement (cold) (5.9.3.1);
- Direction of rotation (5.9.3.2);
- Performance reference point (5.9.3.3);
- Applied voltage test (5.9.3.4);
- Oil leakage test (5.9.3.5);
- Mechanical integrity test (5.9.3.6).

5.9.2.2 Type tests

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

- Hydraulic performance test (5.9.4.1);
- No-load test (5.9.4.2);
- Locked rotor test (5.9.4.3);
- Starting current test (5.9.4.4);
- Temperature rise test (5.9.4.5);
- Mechanical integrity test (5.9.4.6);
- Cold start test (5.9.4.7);
- Noise test (5.9.4.8).

5.9.2.3 Special tests

Any additional test agreed between purchaser and manufacturer.

5.9.3 Routine tests

5.9.3.1 Winding resistance measurement (cold)

Values of resistance at 20 °C shall be measured.

5.9.3.2 Direction of rotation

It shall be demonstrated that the direction of rotation is correct when the pump is connected as shown by the label on the terminal box cover.

When fitted, the device indicating correct rotation shall be shown to be clearly operational with the pump running in the correct direction and in reverse.

5.9.3.3 Performance reference point

The pump shall be tested in accordance with Grade 2 of ISO 9906, except that the test liquid shall be transformer oil at 60 °C, as specified in this document and speed measurements shall not be required. The test shall be performed at zero oil flow condition with measurement of pressure, absorbed power and current; the values shall be recorded.

5.9.3.4 Applied voltage test

With the fully assembled pump empty of oil, a dielectric test shall be carried out in accordance with IEC 60034-1.

5.9.3.5 Oil leakage test

The fully assembled pump shall be subjected to a hydrostatic pressure test using transformer oil at a minimum temperature of 60 °C. The test shall be carried out at a minimum pressure of 500 kPa (gauge) for a minimum period of 3 h.

5.9.3.6 Mechanical integrity

The pump shall be checked for free running of the rotating unit when turned by hand. When the pump is running, a check shall be made for any unusual noise.

The manufacturer shall indicate the method of test used to ensure integrity of impeller fastening. This test shall specifically demonstrate that no movement of the impeller relative to the shaft will occur if the pump is accidentally started in reverse rotation.

5.9.4 Type tests

5.9.4.1 Hydraulic performance test

The pump shall be tested in accordance with Grade 2 of ISO 9906, except that the test liquid shall be transformer oil at 60 °C, as specified in this document. Measurements of flow, speed, efficiency, pressure difference between suction and delivery side, absorbed power, current and $\cos \varphi$ shall be recorded at a minimum of six test points covering the flow range from zero flow to maximum flow.

The test shall be performed at rated voltage and frequency.

5.9.4.2 No-load test

With the pump empty of liquid and at rated frequency and voltage, the current and electrical power consumption shall be measured and recorded at rated voltage U_n , and at $U_n/2$, at $U_n - 10\%$, at $U_n + 10\%$, at $U_n - 20\%$, at $U_n + 20\%$.

5.9.4.3 Locked rotor test

With the rotor locked, the current and electrical power consumption shall be measured and recorded at rated voltage U_n and at $U_n/2$, at $U_n - 20\%$, at $U_n + 20\%$.

5.9.4.4 Starting current test

The starting current shall be measured at rated voltage.

This test shall be carried out in addition to or as an alternative to the test described in 5.9.4.3 if required by the purchaser.

5.9.4.5 Temperature rise test

A temperature rise test shall be carried out at nominal voltage for 1 h. During this test, the flow and pressure shall be adjusted to the nominal values.

This test shall be immediately followed by a 1 h temperature rise test at $U_n - 20\%$ and a further 1 h test at $U_n + 20\%$. During these tests, pressure and flow shall not be adjusted.

The average temperature rise of the stator winding for oil at $60\text{ °C} \pm 5\text{ K}$ shall be determined by the method of measurement of resistance variation, i.e. determination of the temperature rise of the winding from the resistance increase according to IEC 60034-1.

The temperature rise shall not exceed 15 K for class B insulation or 40 K for class F insulation according to IEC 60085.

5.9.4.6 Mechanical integrity

In addition to the tests detailed in 5.9.3.6, the pumps shall be run at 125 % of nominal speed without oil for 2 min in accordance with IEC 60034-1.

5.9.4.7 Cold start test

The pump shall be started at minimum voltage with the liquid at minimum temperature. The pump shall reach full running speed without overheating or any other adverse observations.

A full hydraulic test loop is not required but arrangements shall be made (orifice plates, etc.) to simulate the system resistance corresponding to the nominal duty.

If required by the purchaser, means shall be provided (e.g. thermocouples) to monitor the winding temperature.

Current, rotational speed, inlet oil temperature, outlet oil temperature and, if applicable, winding temperature, shall be continuously recorded until the pump is running at nominal speed.

5.9.4.8 Noise test

Sound power level shall be determined by testing in accordance with IEC 60034-9.

5.9.5 Special tests

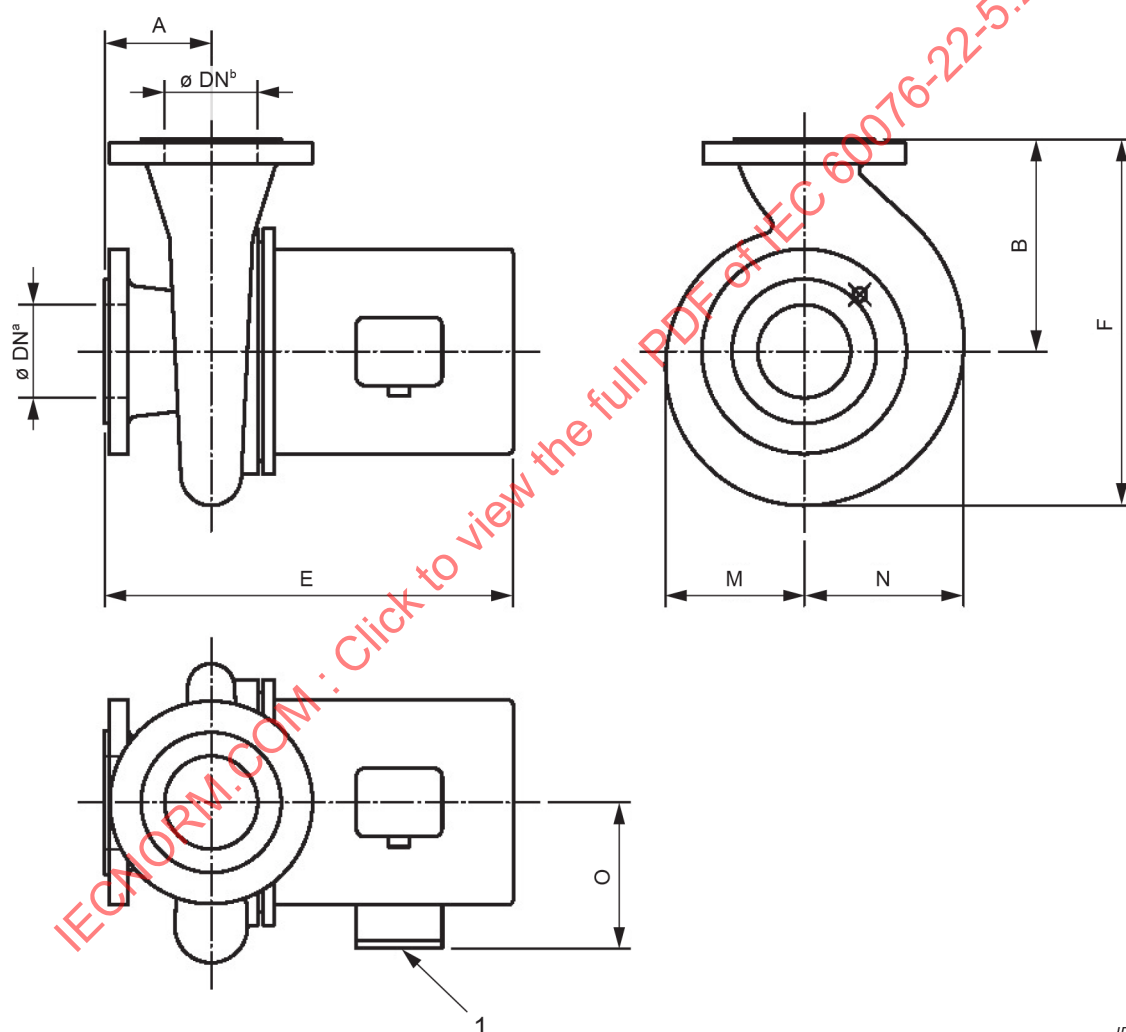
Additional tests may be agreed between purchaser and manufacturer.

Annex A (informative)

Preferred sizes of end suction pumps

The preferred sizes of pumps given in this document represent the most usual requirements. Duties and dimensions for these pumps shall comply with the requirements of Annex A for end suction pumps (see Figure A.1 and Table A.1) and Annex B for in-line pumps (see Figure B.1 and Table B.1).

Pumps with other rated duties and/or dimensions may be used by agreement between purchaser and manufacturer. Such pumps shall comply with all other requirements of this document.



IEC

Key

- 1 Terminal box
- ^a Inlet
- ^b Outlet

Figure A.1 – Dimensions of end suction pumps

Table A.1 – Dimensions of preferred sizes of end suction pumps (mm)

ø DN	A	B	E max.	F max.	M max.	N max.	O max.
65	85	160	452	372	177	195	212
100	125	220	530	440	212	233	220
125	140	280	590	538	225	247	258
150	140	300	710	558	250	275	258

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60076-22-5:2021

Annex B (informative)

Preferred sizes of in-line pumps

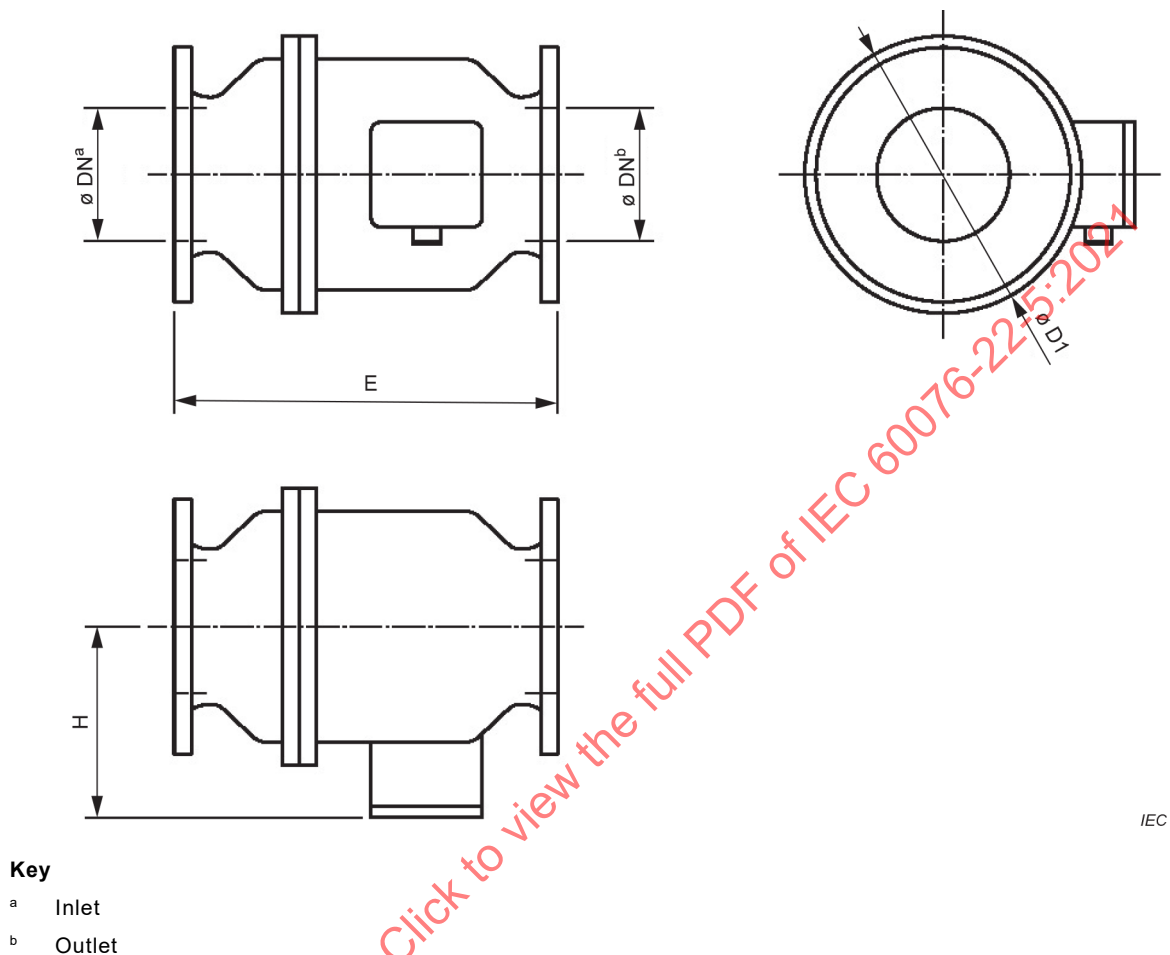


Figure B.1 – Dimensions of in-line pumps

Table B.1 – Dimensions of preferred sizes of in-line pumps (mm)

$\varnothing$ DN	D1 max.	E max.	H max.
65	303	510	215
80	303	510	215
100	323	554	225
125	375	664	250
150	405	664	275
200	455	774	312
250	410	550	305
300	525	750	370

Annex C (informative)

Information required with enquiry, proposal and purchase order

Flow [m³/h]

Differential pressure [bar]

These values shall be given for liquid at 60 °C.

Confirmation of characteristics of liquid pumped

- specific gravity
- viscosity at –20 °C
- viscosity at 60 °C

Nominal voltage [V]

Full load current [A]

Frequency [Hz]

Connection Y or Δ

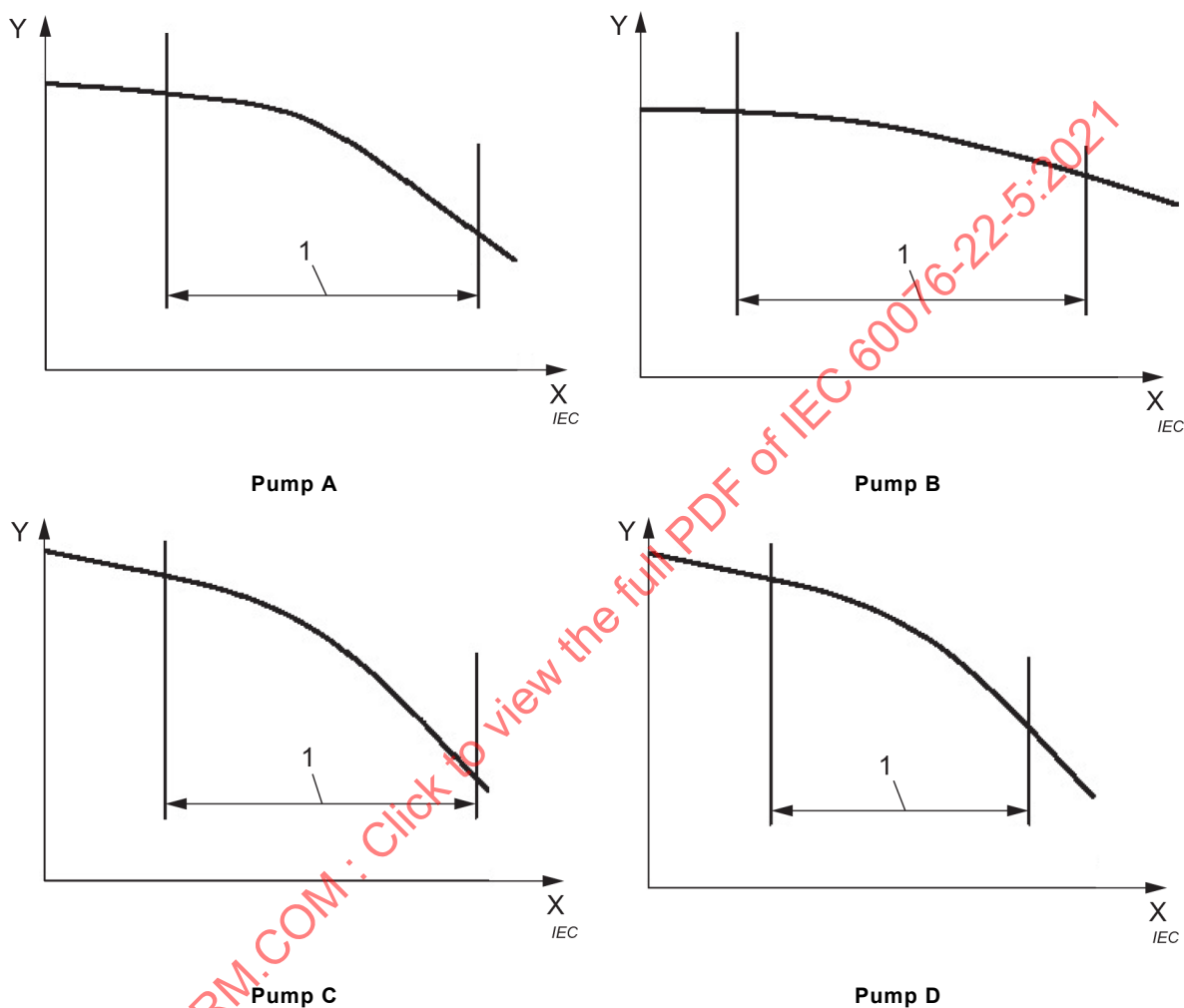
The following list indicates by clause or subclause number where a decision is required by the purchaser or agreement is required between purchaser and manufacturer:

- 3.2 to 3.3 in-line or end suction pump required;
- 4.3 external painting requirements;
- 4.4 finishing of internal surfaces of cast iron;
- 5.3 mounting arrangement if other than with the axis of the rotating unit horizontal or vertical;
- 5.3 inform if a device to determine direction of rotation is not to be fitted;
- 5.4 flange dimension standard (PN6 or PN10) for in-line pumps;
- 5.5 size and type of cable gland;
- 5.3 materials of construction if other than those specified in Clause 5;
- 5.8.1 if preferred size and/or duty is required and, if so, the size designation;
- 5.9.2.1 confirmation of routine test requirements;
- 5.9.3.3 whether 1 in 10 pumps being subject to a hydraulic performance test is agreed;
- 5.9.3.5 inform if oil leakage test at 60 °C for 3 h is agreed;
- 5.9.4.4 type testing – inform if a starting current test is to be carried out;
- 5.9.4.7 inform if winding temperature is to be monitored;
- 5.9.5 special tests.

Annex D (informative)

Example of use of hydraulic interchangeability tolerances

Consider four similar size pumps where it is desired to replace pump A with one of pumps B, C or D. The pressure-flow characteristics of the four pumps are as shown in Figure D.1.

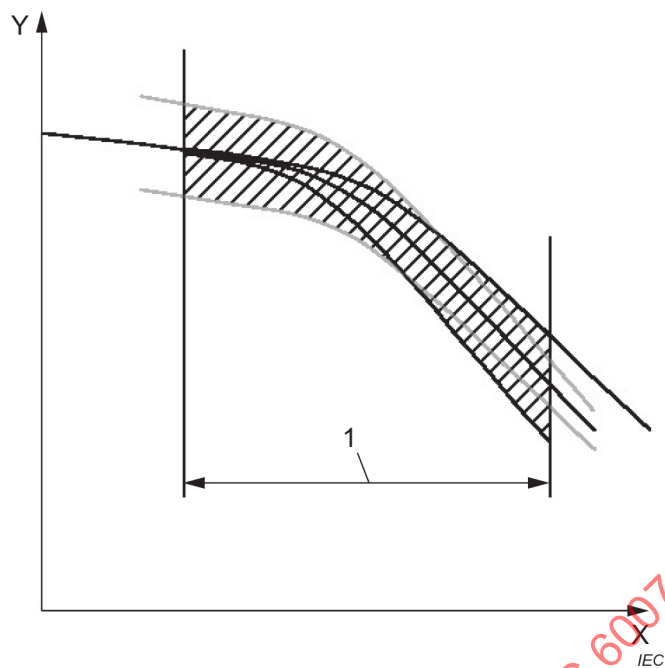


Key

X = Flow, Y = Pressure;

1 Allowable operating range

Figure D.1 – Pressure-flow characteristics



Pump A

Key

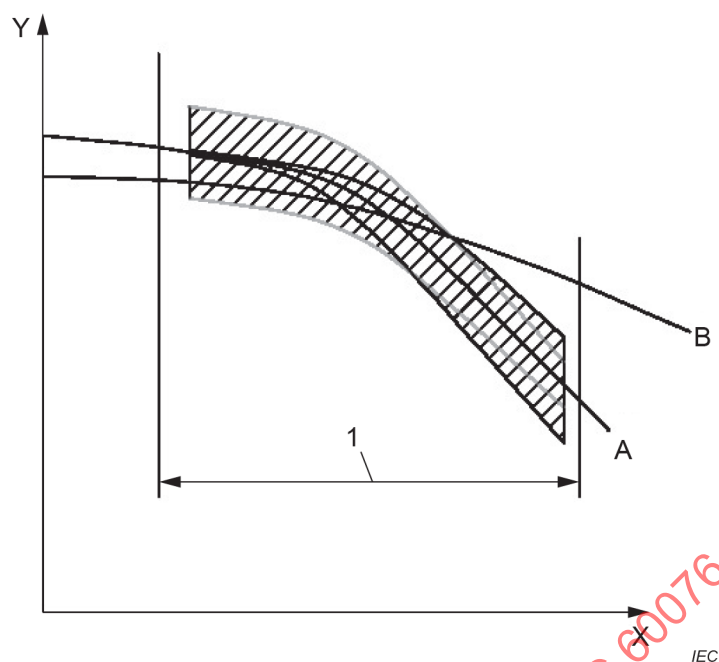
X = Flow; Y = Pressure

1 Allowable operating range

Figure D.2 – Tolerances as given in 5.8.3 applied to pump A

The first step is to apply the tolerances as given in 5.8.3 to pump A (see Figure D.2).

The pressure-flow characteristic of each of the other pumps is then superimposed on the characteristic of pump A and its tolerance range (note that the tolerance range has minimum and maximum flow boundaries equal to those of the allowable operating range of pump A) as shown in Figure D.3.



Pump B

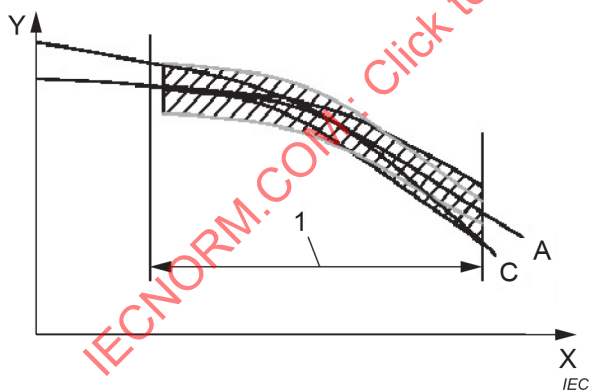
Key

X = Flow; Y = Pressure

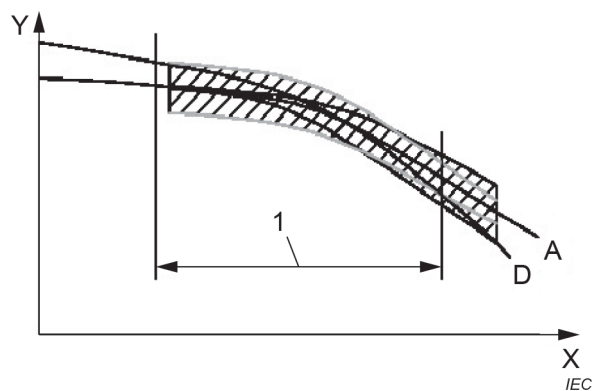
1 Allowable operating range

Figure D.3 – Pressure-flow characteristic of pump B superimposed on the characteristic of pump A

Pump B has an allowable operating range greater than pump A but is not hydraulically interchangeable as part of its pressure-flow characteristic lies outside the tolerance band.



Pump C



Pump D

Key

X = Flow; Y = Pressure

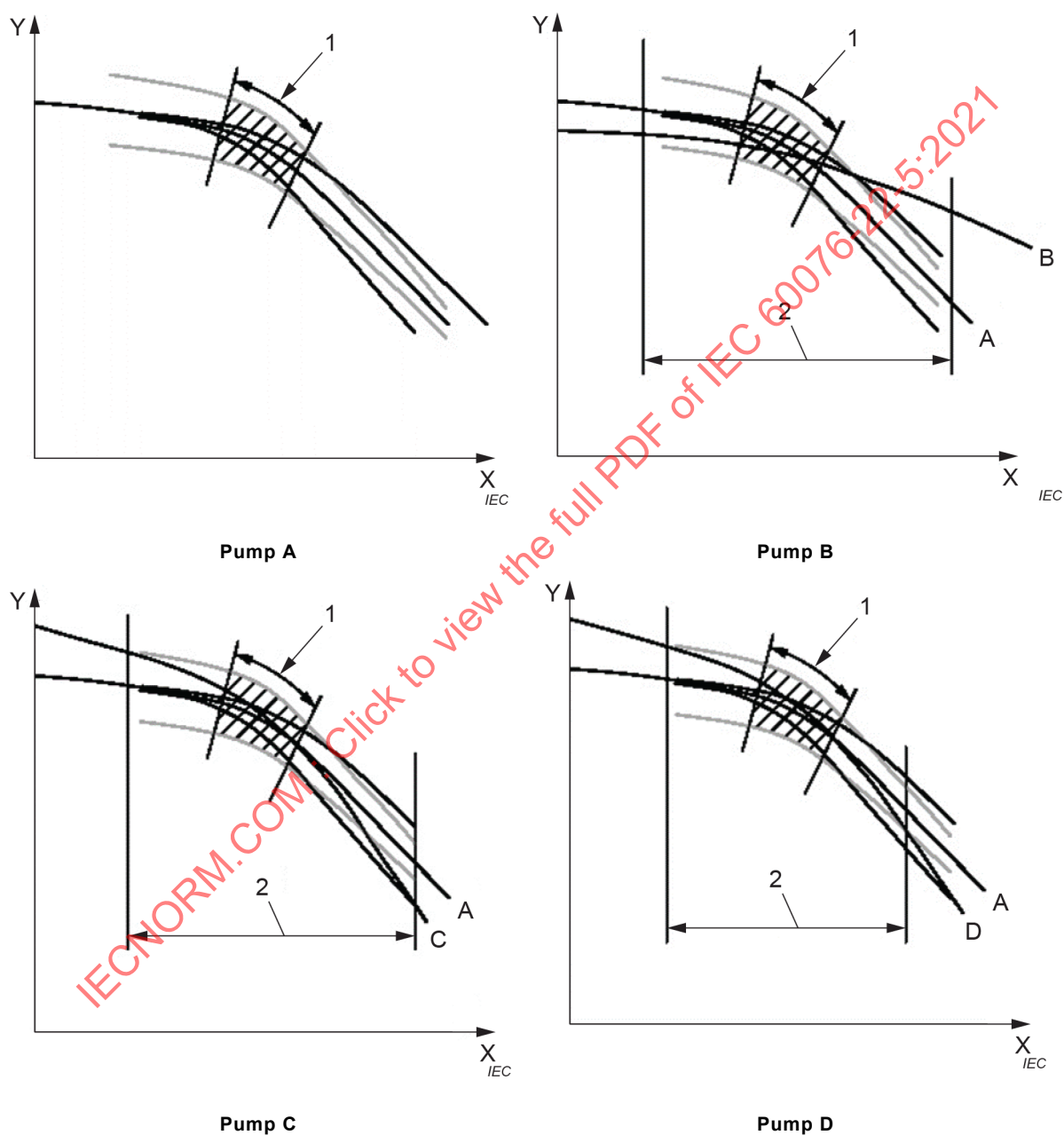
1 Allowable operating range

Figure D.4 – Pressure-flow characteristic of pumps C and D superimposed on the characteristic of pump A

The pressure-flow characteristic of pump C lies within the tolerance band across the flow range and its allowable operating range covers that of pump A, as shown in Figure D.4. Pump C is deemed to be hydraulically interchangeable with pump A.

The pressure-flow characteristic of pump D also lies within the tolerance band across the flow range but pump D is not hydraulically interchangeable since its allowable operating range does not cover that of pump A.

If, in a specific application, the actual possible flow range is known to be bounded by the curves as shown in Figure D.5, then the assessment is made only for that range. It can be seen that, in the example of Figure D.5, all four pumps would be considered interchangeable (but only for that one specific application).



Key

X = Flow; Y = Pressure;

1 Actual flow range

2 Allowable operating range

Figure D.5 – Flow ranges

Bibliography

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60076-22-5:2021

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60076-22-5:2021

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	28
1 Domaine d'application	30
2 Références normatives	30
3 Termes et définitions	31
4 Conditions de service	32
4.1 Généralités	32
4.2 Degré de protection des composants électriques (IP).....	32
4.3 Protection contre la corrosion externe.....	32
4.4 Protection contre la corrosion interne.....	32
4.5 Caractéristiques du liquide isolant.....	32
5 Caractéristiques et exigences générales.....	32
5.1 Informations de la plaque signalétique	32
5.2 Sens de circulation du liquide et sens de rotation.....	33
5.3 Exigences mécaniques générales	33
5.4 Boîtier ou enveloppe	34
5.5 Boîte à bornes	34
5.6 Matériaux.....	34
5.7 Tailles préférentielles.....	35
5.8 Exigences de performances	35
5.8.1 Généralités	35
5.8.2 Performances hydrauliques	35
5.8.3 Interchangeabilité hydraulique	35
5.8.4 Performances électriques	37
5.8.5 Bruit	38
5.9 Essais.....	38
5.9.1 Généralités	38
5.9.2 Liste des essais.....	38
5.9.3 Essais individuels de série.....	38
5.9.4 Essais de type	39
5.9.5 Essais spéciaux.....	40
Annexe A (informative) Tailles préférentielles des pompes à aspiration axiale	41
Annexe B (informative) Tailles préférentielles des pompes en ligne	43
Annexe C (informative) Informations exigées dans l'appel d'offres, la proposition et le bon de commande	44
Annexe D (informative) Exemple d'utilisation des tolérances d'interchangeabilité hydraulique.....	45
Bibliographie.....	49
Figure 1 – Interchangeabilité hydraulique sur la plage de fonctionnement admissible	36
Figure 2 – Interchangeabilité hydraulique sur la plage de débit réelle	37
Figure A.1 – Dimensions des pompes à aspiration axiale.....	41
Figure B.1 – Dimensions de la pompe en ligne	43
Figure D.1 – Caractéristiques pression-débit	45
Figure D.2 – Tolérances indiquées en 5.8.3 appliquées à la pompe A.....	46

Figure D.3 – Caractéristique pression-débit de la pompe B superposée à la caractéristique de la pompe A.....	47
Figure D.4 – Caractéristique pression-débit de la pompe C et de la pompe D superposée à la caractéristique de la pompe A.....	47
Figure D.5 – Plages de débits.....	48
Tableau A.1 – Dimensions des tailles préférentielles des pompes à aspiration axiale (mm).....	42
Tableau B.1 – Dimensions des tailles préférentielles des pompes en ligne (mm)	43

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60076-22-5:2021

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE –

**Partie 22-5: Accessoires pour transformateurs de puissance
et bobines d'inductance – Électropompes pour transformateurs**

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. À 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 du présent document 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.

L'IEC 60076-22-5 a été établie par le comité d'études 14 de l'IEC: Transformateurs de puissance. Il s'agit d'une Norme internationale.

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

Projet	Rapport de vote
14/1021/CDV	14/1040A/RVC

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

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 60076-22-5:2021

TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE –

Partie 22-5: Accessoires pour transformateurs de puissance et bobines d'inductance – Électropompes pour transformateurs

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60076 couvre les électropompes utilisées dans les circuits de refroidissement des transformateurs de puissance et des bobines d'inductance. Elle s'applique aux électropompes électriques montées sur des transformateurs de puissance immergés dans un liquide conformes à l'IEC 60076-1 et aux bobines d'inductance conformes à l'IEC 60076-6 avec et sans conservateur pour des installations intérieures ou extérieures.

Elle définit les exigences de fonctionnement pour les performances électriques et hydrauliques, la conception mécanique, les essais individuels de série et les essais de type. De plus, les performances et les dimensions des tailles préférentielles des groupes de pompes sont spécifiées dans les annexes informatives.

Le présent document couvre les pompes rotodynamiques entraînées par un moteur à induction à cage immergé dans le liquide isolant.

Les groupes de pompes conformes au présent document peuvent être des pompes en ligne ou à aspiration axiale.

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 60034-1:2017, *Machines électriques tournantes – Partie 1: Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement*

IEC 60034-5, *Machines électriques tournantes – Partie 5: Degrés de protection procurés par la conception intégrale de machines électriques tournantes (code IP) – Classification*

IEC 60034-9, *Machines électriques tournantes – Partie 9: Limites de bruit*

IEC 60076-1:2011, *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 60085, *Isolation électrique – Evaluation et désignation thermiques*

IEC 60296, *Fluides pour applications électrotechniques – Huiles minérales isolantes pour matériel électrique*

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

ISO 179-1:2010, *Plastiques – Détermination des caractéristiques au choc Charpy – Partie 1: Essai de choc non instrumenté*

ISO 185, *Fontes à graphite lamellaire – Classification*

ISO 281, *Roulements – Charges dynamiques de base et durée nominale*

ISO 3522, *Aluminium et alliages d'aluminium – Pièces moulées – Composition chimique et caractéristiques mécaniques*

ISO 4406, *Transmissions hydrauliques – Fluides – Méthode de codification du niveau de pollution particulaire solide*

ISO 7005-2, *Brides métalliques – Partie 2: Brides en fonte*

ISO 9906, *Pompes rotodynamiques – Essais de fonctionnement hydraulique pour la réception – Niveaux 1, 2 et 3*

ISO 12944 (toutes les parties), *Peintures et vernis – Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture*

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 <http://www.iso.org/obp>

3.1

électropompe

<pour transformateurs> composant qui fait circuler le liquide isolant dans le système de refroidissement et le transformateur

Note 1 à l'article: Deux conceptions de pompe sont prises en considération: les pompes en ligne et les pompes à aspiration axiale.

3.2

pompe en ligne

pompe dont les brides d'aspiration et de refoulement sont sur le même axe

Note 1 à l'article: Elles peuvent être centrifuges ou à hélices; l'axe des brides correspond en général à l'axe de rotation du rotor de la pompe.

3.3

pompe à aspiration axiale

pompe dont les brides d'aspiration et de refoulement sont sur des axes perpendiculaires

Note 1 à l'article: Elles ne peuvent être que de type centrifuge; l'axe de la bride d'aspiration correspond à l'axe de rotation du rotor de la pompe.

4 Conditions de service

4.1 Généralités

Les conditions de service définies en 4.2 de l'IEC 60076-1:2011 représentent le domaine d'application normal du fonctionnement des équipements spécifiés dans le présent document. Pour les conditions de service exceptionnelles qui nécessitent une prise en considération particulière lors de la conception de l'équipement, voir l'IEC 60076-1:2011, 5.5. Le fonctionnement dans les conditions exceptionnelles de service doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur, étant donné qu'il exige une prise en considération particulière lors de la conception de l'équipement.

4.2 Degré de protection des composants électriques (IP)

Le degré de protection de la boîte de raccordement ou de la boîte à bornes pour une installation extérieure doit être au moins IP 54 conformément à l'IEC 60529, sauf spécification contraire de l'acheteur.

4.3 Protection contre la corrosion externe

Les matériaux utilisés pour la construction de l'équipement ou le traitement de surface doivent résister au liquide isolant et aux conditions environnementales indiquées en 4.1. La protection contre la corrosion doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fabricant conformément à l'ISO 12944 (toutes les parties) ou à d'autres normes retenues en accord avec l'acheteur. La spécification du niveau correct de protection contre la corrosion est de la responsabilité de l'acheteur et dépend de l'environnement dans lequel le transformateur va se trouver et de la durabilité exigée. Si aucun niveau de protection contre la corrosion n'est spécifié, le niveau minimal doit être C4 moyen.

4.4 Protection contre la corrosion interne

Il doit être vérifié que les pompes sont propres et ne contiennent aucune matière étrangère ni contamination.

Compte tenu des conditions de stockage et de la durée prévue entre la livraison et la mise en service, la protection contre la corrosion côté intérieur de la pompe doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fabricant. Si cela est exigé par l'acheteur, les surfaces intérieures en fonte doivent offrir une finition avec un système de protection résistant à l'huile.

Comme exigence minimale, des précautions doivent être prises pour empêcher la pénétration d'humidité et le développement de la corrosion interne à l'aide de plaques d'obturation équipées de joints d'étanchéité.

4.5 Caractéristiques du liquide isolant

Sauf spécification contraire, le liquide isolant est une huile minérale 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 une huile minérale, la variation de viscosité, la température de fonctionnement et toutes les autres caractéristiques de fonctionnement doivent être indiquées par l'acheteur.

5 Caractéristiques et exigences générales

5.1 Informations de la plaque signalétique

La plaque signalétique doit résister à la corrosion et à l'acide. Elle doit être visible lorsque la pompe est montée sur le transformateur et donner les informations suivantes:

- nom ou logo du fabricant;
- pays et lieu de fabrication;
- référence du présent document (c'est-à-dire IEC 60076-22-5);
- identification du fabricant;
- numéro de série du fabricant;
- année de fabrication;
- type de protection procuré par le boîtier (code IP) satisfaisant à l'IEC 60034-5;
- Débit assigné [m^3/h] à 60 °C;
- pression assignée [kPa];
- marquage CE ou conformité à un autre règlement (le cas échéant);
- classe thermique;
- connexion électrique (Y/ Δ);
- puissance assignée ou plage de puissances assignées;
- tension assignée ou plage de tensions assignées;
- fréquence assignée;
- courant assigné ou plage de courants assignés;
- vitesse assignée ou plage de vitesses assignées;
- facteur de puissance $\cos \varphi$;
- poids [kg] s'il est supérieur à 30 kg.

L'identification du fabricant doit permettre d'identifier les caractéristiques du dispositif à partir du manuel de montage, d'exploitation et de maintenance fourni par le fabricant.

5.2 Sens de circulation du liquide et sens de rotation

Le sens de circulation du liquide et le sens de rotation doivent être marqués de manière indélébile sur la carcasse ou être indiqués sur la plaque signalétique.

5.3 Exigences mécaniques générales

Les électropompes pour fluide isolant sont des pompes rotodynamiques sans presse-étoupe entraînées par un moteur à induction à cage. Par conséquent, le refroidissement du moteur et la lubrification des roulements doivent être assurés par la circulation du liquide.

La durée de vie des roulements doit être conforme à l'ISO 281 dans les conditions assignées. Si des paliers lisses sont utilisés, la durée de vie doit être d'au moins 200 000 h. Les roulements à billes doivent être d'un modèle normalisé et avoir une durée de vie d'au moins 50 000 h. La durée de vie prévue de la pompe ne doit pas limiter celle du transformateur dans les conditions normales de service.

Les pompes doivent rester propres et ne jamais présenter de signe de contamination et d'humidité; ceci est essentiel.

Les pompes doivent pouvoir être montées avec l'axe de rotation de l'unité tournante à l'horizontale ou à la verticale. S'il est envisagé d'utiliser d'autres positions, le fabricant doit en être informé.

La pompe ne doit pas être endommagée en cas de rotation inverse.

Si l'acheteur en fait la demande, un dispositif mécanique ou électrique peut être fixé pour indiquer le sens de rotation de la pompe.

La conception de la turbine des pompes à hélice utilisées pour assurer la circulation du liquide et offrir les performances de refroidissement par radiateurs attendues (avec une pression assignée maximale de 50 kPa, par exemple) doit limiter le plus possible la réduction du débit lorsque la pompe est inactive.

5.4 Boîtier ou enveloppe

Les boîtiers ou enveloppes doivent pouvoir résister à une pression de service maximale de 300 kPa dans les conditions de fonctionnement, et ce sans fuite.

Les brides d'aspiration et de refoulement doivent être conformes à la valeur PN10 de l'ISO 7005-2 pour les pompes à aspiration axiale, et aux valeurs PN6 ou PN10 pour les pompes en ligne. En règle générale, les brides doivent permettre de maintenir la pompe en fonctionnement normal. Si la conception de la pompe exige des supports supplémentaires, pour les pompes à aspiration axiale de forte puissance par exemple, cela doit être indiqué par le fabricant.

Il est de la responsabilité du concepteur du transformateur ou du circuit de refroidissement de s'assurer que la pompe est correctement maintenue.

Les raccordements de vidange et de purge doivent être fournis et doivent être adaptés aux positions d'installation admises.

5.5 Boîte à bornes

Le fabricant doit spécifier la boîte à bornes autorisée et les positions d'entrée de câble, qui doivent se trouver de préférence en dessous.

La boîte à bornes doit disposer d'au moins une entrée de câble à filetage métrique.

Une borne de terre doit être prévue.

Les bornes, y compris la borne de terre, doivent être adaptées pour une connexion avec des câbles de 1,5 mm², 2,5 mm², 4,0 mm² ou 6,0 mm² selon la puissance électrique prévue. Toutes les bornes doivent être facilement accessibles.

Une étiquette permanente doit être apposée à l'intérieur du couvercle de la boîte à bornes pour indiquer les connexions exigées pour la rotation correcte de la pompe.

5.6 Matériaux

Le boîtier ou l'enveloppe de la pompe doivent être fabriqués en fonte de classe 200 selon l'ISO 185 au moins ou en alliage d'aluminium Al-Si selon l'ISO 3522. D'autres matériaux adaptés peuvent être utilisés après accord entre l'acheteur et le fabricant.

Les éléments de fixation extérieurs doivent être en acier inoxydable.

Les unités tournantes doivent être entièrement métalliques afin de réduire le plus possible la contribution à l'accumulation de charges électrostatiques ("electrostatic charging tendency") que tend à avoir l'ensemble du système.

La boîte à bornes doit être en métal ou en plastique renforcé de fibre de verre (GRP) adapté. La résistance au choc Charpy du plastique renforcé de fibre de verre doit être d'au moins 10 J/cm² conformément à l'ISO 179-1.

5.7 Tailles préférentielles

Les tailles préférentielles de pompes indiquées dans le présent document représentent les exigences les plus fréquentes. Les performances et dimensions de ces pompes sont indiquées à l'Annexe A pour les pompes à aspiration axiale et à l'Annexe B pour les pompes en ligne.

Les pompes qui présentent d'autres performances et/ou dimensions assignées peuvent être utilisées sous réserve d'un accord entre l'acheteur et le fabricant. Ces pompes doivent satisfaire aux autres exigences du présent document.

5.8 Exigences de performances

5.8.1 Généralités

Les conditions assignées sont déterminées par la chute de pression assignée du circuit de refroidissement par rapport aux propriétés spécifiées du fluide à 60 °C.

Il est de la responsabilité du concepteur du transformateur ou du circuit de refroidissement de faire en sorte que la tuyauterie et sa chute de pression permettent le bon fonctionnement de la pompe. La zone qui précède et qui suit la pompe doit permettre un écoulement libre. En particulier, la zone d'aspiration doit être exempte de composants pouvant provoquer des turbulences. Une pression positive doit être prévue à l'aspiration de la pompe. En présence de collecteurs, les diamètres des tuyaux doivent permettre le fonctionnement indépendant des pompes connectées.

L'Annexe C définit les informations exigées dans l'appel d'offres, la proposition et le bon de commande.

5.8.2 Performances hydrauliques

Les courbes de performances et les caractéristiques assignées nominales pour les performances hydrauliques doivent être données pour une température de liquide de 60 °C, le moteur étant alimenté à la tension assignée. Les courbes de performances doivent définir la plage de fonctionnement admissible telle qu'indiquée par le fabricant de la pompe.

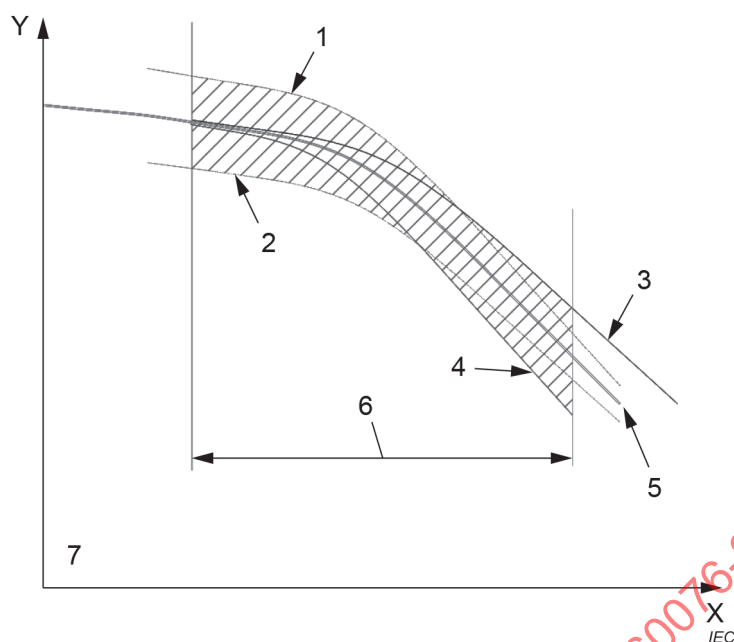
Les pompes doivent fonctionner sans cavitation dans les conditions de fonctionnement.

La cavitation peut être évitée de différentes manières: faibles vitesses de liquide, une faible chute de pression avant l'entrée de la pompe, une zone de circulation libre à l'entrée et une faible teneur en gaz partiel.

5.8.3 Interchangeabilité hydraulique

Lors du remplacement d'une pompe, il est important que le débit dans le circuit de refroidissement ne soit pas modifié de manière importante. Cela peut se faire en vérifiant que les courbes caractéristiques des pompes sont suffisamment similaires.

Pour les besoins du présent document, il y a interchangeabilité hydraulique lorsque, pour chaque point de fonctionnement dans la plage admissible, la courbe caractéristique d'une pompe donne des valeurs de débit dans les limites de ± 10 % ou des valeurs de pression dans les limites de ± 8 % de la courbe choisie comme référence (voir la Figure 1).



Légende

X = Débit; Y = Pression

1 Pression +8 %

2 Pression -8 %

3 Débit +10 %

4 Débit -10 %

5 Courbe de référence

6 Plage de fonctionnement admissible

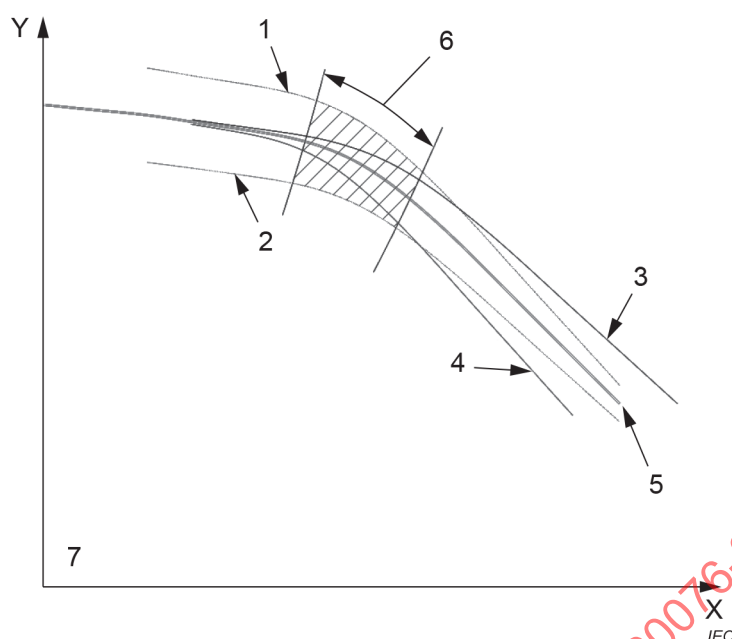
7 La deuxième courbe doit passer par la zone hachurée pour l'ensemble de la plage de fonctionnement admissible.

**Figure 1 – Interchangeabilité hydraulique
sur la plage de fonctionnement admissible**

Si, dans une application particulière, la plage de débit réelle est suffisamment connue, les courbes caractéristiques de la pompe peuvent être définies comme étant interchangeables si la condition ci-dessus est satisfaite sur la plage de débits réelle (voir la Figure 2).

L'Annexe D donne des exemples d'utilisation de ces tolérances en matière d'interchangeabilité hydraulique.

Il convient de noter que l'interchangeabilité hydraulique ne garantit pas l'interchangeabilité électrique ou mécanique.



Légende

X = Débit: Y = Pression

- 1 Pression +8 %
- 2 Pression -8 %
- 3 Débit +10 %
- 4 Débit -10 %
- 5 Courbe de référence
- 6 Plage de débit réelle
- 7 La deuxième courbe doit passer par la zone hachurée pour l'ensemble de la plage de débit réelle.

Figure 2 – Interchangeabilité hydraulique sur la plage de débit réelle

5.8.4 Performances électriques

5.8.4.1 Alimentation électrique

La pompe doit être adaptée à un démarrage direct avec une tension d'alimentation comprise entre 85 % et 110 % de la tension nominale et dans les limites de 94 % à 102 % de la fréquence nominale. De plus, la pompe doit pouvoir démarrer à 85 % de la tension à des températures de l'huile jusqu'à -20 °C et à 90 % jusqu'à -25 °C sans surchauffe dangereuse.

Les moteurs doivent pouvoir reprendre un fonctionnement normal en cas de perturbation du système provoquant une perte temporaire de tension d'alimentation pendant une durée maximale de trois secondes, suivie d'un rétablissement brusque initialement à 80 % de la tension assignée.

5.8.4.2 Classe d'isolation et échauffement

L'isolation de l'enroulement statorique doit être conforme à l'IEC 60085 et doit être non hygroscopique.

L'échauffement de l'enroulement du moteur fonctionnant dans un liquide à 115 °C ne doit pas dépasser la température du liquide de plus de 15 K pour l'isolation de classe B et 40 K pour la classe F.

5.8.4.3 Courant de démarrage

Le courant de démarrage à la tension assignée ne doit pas dépasser sept fois le courant en pleine charge assigné du moteur dans la limite des tolérances applicables indiquées dans l'IEC 60034-1.

5.8.5 Bruit

Les niveaux de puissance acoustique ne doivent pas dépasser les valeurs données dans l'IEC 60034-9.

5.9 Essais

5.9.1 Généralités

Il est essentiel de maintenir tous les bancs d'essai propres et exempts de contamination et de corps étrangers. L'huile utilisée pour les essais doit être filtrée au Niveau 12 à 10 de l'ISO 4406.

Les essais individuels de série doivent être réalisés, sauf si l'acheteur y renonce.

5.9.2 Liste des essais

5.9.2.1 Essais individuels de série

La liste d'essais suivante n'a pas été établie dans un ordre spécifique:

- Mesure de la résistance de l'enroulement (à froid) (5.9.3.1);
- Sens de rotation (5.9.3.2);
- Point de référence des performances (5.9.3.3);
- Essai de tension appliquée (5.9.3.4);
- Essai de fuite d'huile (5.9.3.5);
- Essai d'intégrité mécanique (5.9.3.6).

5.9.2.2 Essais de type

La liste d'essais suivante n'a pas été établie dans un ordre spécifique:

- Essai de performances hydrauliques (5.9.4.1);
- Essai à vide (5.9.4.2);
- Essai rotor bloqué (5.9.4.3);
- Essai du courant de démarrage (5.9.4.4);
- Essai d'échauffement (5.9.4.5);
- Essai d'intégrité mécanique (5.9.4.6);
- Essai de démarrage à froid (5.9.4.7);
- Essai de bruit (5.9.4.8).

5.9.2.3 Essais spéciaux

Tous les essais supplémentaires convenus entre l'acheteur et le fabricant.

5.9.3 Essais individuels de série

5.9.3.1 Mesure de la résistance des enroulements (à froid)

Les valeurs de résistance à 20 °C doivent être mesurées.

5.9.3.2 Sens de rotation

Il doit être démontré que le sens de rotation est correct lorsque la pompe est connectée comme indiqué par l'étiquette placée sur le couvercle de la boîte à bornes.

S'il est installé, il doit être démontré que le dispositif indiquant la rotation correcte est clairement opérationnel avec la pompe fonctionnant dans le bon sens et en sens inverse.

5.9.3.3 Point de référence des performances

La pompe doit être soumise à essai selon le Niveau 2 de l'ISO 9906, si ce n'est que le liquide d'essai doit être de l'huile de transformateur à 60 °C, comme spécifié dans le présent document et les mesures de vitesse ne doivent pas être exigées. L'essai doit être réalisé à un débit d'huile nul avec mesure de la pression, de la puissance absorbée et du courant, et les valeurs doivent être consignées.

5.9.3.4 Essai de tension appliquée

La pompe étant totalement montée et vide d'huile, un essai diélectrique doit être réalisé selon l'IEC 60034-1.

5.9.3.5 Essai de fuite d'huile

La pompe totalement assemblée doit être soumise à un essai de pression hydrostatique en utilisant de l'huile de transformateur à une température minimale de 60 °C. L'essai doit être réalisé à une pression minimale de 500 kPa (relative) pendant au moins 3 h.

5.9.3.6 Intégrité mécanique

Le libre fonctionnement de l'unité tournante de la pompe doit être vérifié lorsqu'elle est tournée à la main. Lorsque la pompe fonctionne, un contrôle doit être réalisé pour détecter tout bruit inhabituel.

Le fabricant doit indiquer la méthode d'essai utilisée pour assurer l'intégrité de la fixation de la turbine. Cet essai doit démontrer de manière spécifique qu'aucun mouvement de la turbine par rapport à l'arbre ne se produit si la pompe est démarrée involontairement en sens inverse.

5.9.4 Essais de type

5.9.4.1 Essai de performances hydrauliques

La pompe doit être soumise à essai selon le Niveau 2 de l'ISO 9906, si ce n'est que le liquide d'essai doit être de l'huile de transformateur à 60 °C comme indiqué dans le présent document. Les mesures du débit, de la vitesse, du rendement, de la différence de pression entre le côté aspiration et le côté refoulement, de la puissance absorbée, du courant et du $\cos \varphi$ doivent être consignées au niveau d'au moins six points d'essai couvrant la plage de débit comprise entre le débit nul et le débit maximal.

L'essai doit être effectué aux tension et fréquence assignées.

5.9.4.2 Essai à vide

La pompe étant vide de liquide et alimentée aux fréquence et tension assignées, la consommation de courant et de puissance électrique doit être mesurée et consignée à la tension assignée U_n et à $U_n/2$, à $U_n - 10 \%$, à $U_n + 10 \%$, à $U_n - 20 \%$, à $U_n + 20 \%$.

5.9.4.3 Essai rotor bloqué

Le rotor étant bloqué, la consommation de courant et de puissance électrique doit être mesurée et consignée à la tension assignée U_n et à $U_n/2$, à $U_n - 20\%$, à $U_n + 20\%$.

5.9.4.4 Essai de courant de démarrage

Le courant de démarrage doit être mesuré à la tension assignée.

Cet essai doit être réalisé en plus ou comme alternative à l'essai décrit en 5.9.4.3, si cela est exigé par l'acheteur.

5.9.4.5 Essai d'échauffement

Un essai d'échauffement doit être réalisé à la tension nominale pendant 1 h. Pendant cet essai, le débit et la pression doivent être réglés aux valeurs nominales.

Cet essai doit être immédiatement suivi d'un essai d'échauffement de 1 h à $U_n - 20\%$ et d'un autre essai de 1 h à $U_n + 20\%$. Pendant ces essais, la pression et le débit ne doivent pas être ajustés.

L'échauffement moyen de l'enroulement statorique pour une huile à $60\text{ °C} \pm 5\text{ K}$ doit être déterminé par la méthode de mesure de la variation de résistance, c'est-à-dire de détermination de l'échauffement de l'enroulement à partir de l'augmentation de résistance selon l'IEC 60034-1.

L'échauffement ne doit pas dépasser 15 K pour l'isolement de classe B ou 40 K pour l'isolement de classe F selon l'IEC 60085.

5.9.4.6 Intégrité mécanique

Outre les essais présentés en détail en 5.9.3.6, les pompes doivent fonctionner à 125 % de la vitesse nominale pendant 2 min conformément à l'IEC 60034-1.

5.9.4.7 Essai de démarrage à froid

La pompe doit être démarrée à la tension minimale avec le liquide à la température minimale. La pompe doit atteindre la vitesse de fonctionnement maximale sans surchauffe et sans autres effets indésirables.

Une boucle d'essais hydrauliques complète n'est pas exigée, mais des dispositions doivent être prises (diaphragmes de mesure, etc.) pour simuler la résistance du système correspondant au service nominal.

Si cela est exigé par l'acheteur, des moyens doivent être prévus (des couples thermoélectriques, par exemple) pour surveiller la température de l'enroulement.

Le courant, la vitesse de rotation, la température de l'huile à l'entrée, la température de l'huile à la sortie et, le cas échéant, la température de l'enroulement doivent être consignés en permanence tant que la pompe ne fonctionne pas à la vitesse nominale.

5.9.4.8 Essai de bruit

Le niveau de puissance acoustique doit être déterminé par un essai conforme à l'IEC 60034-9.

5.9.5 Essais spéciaux

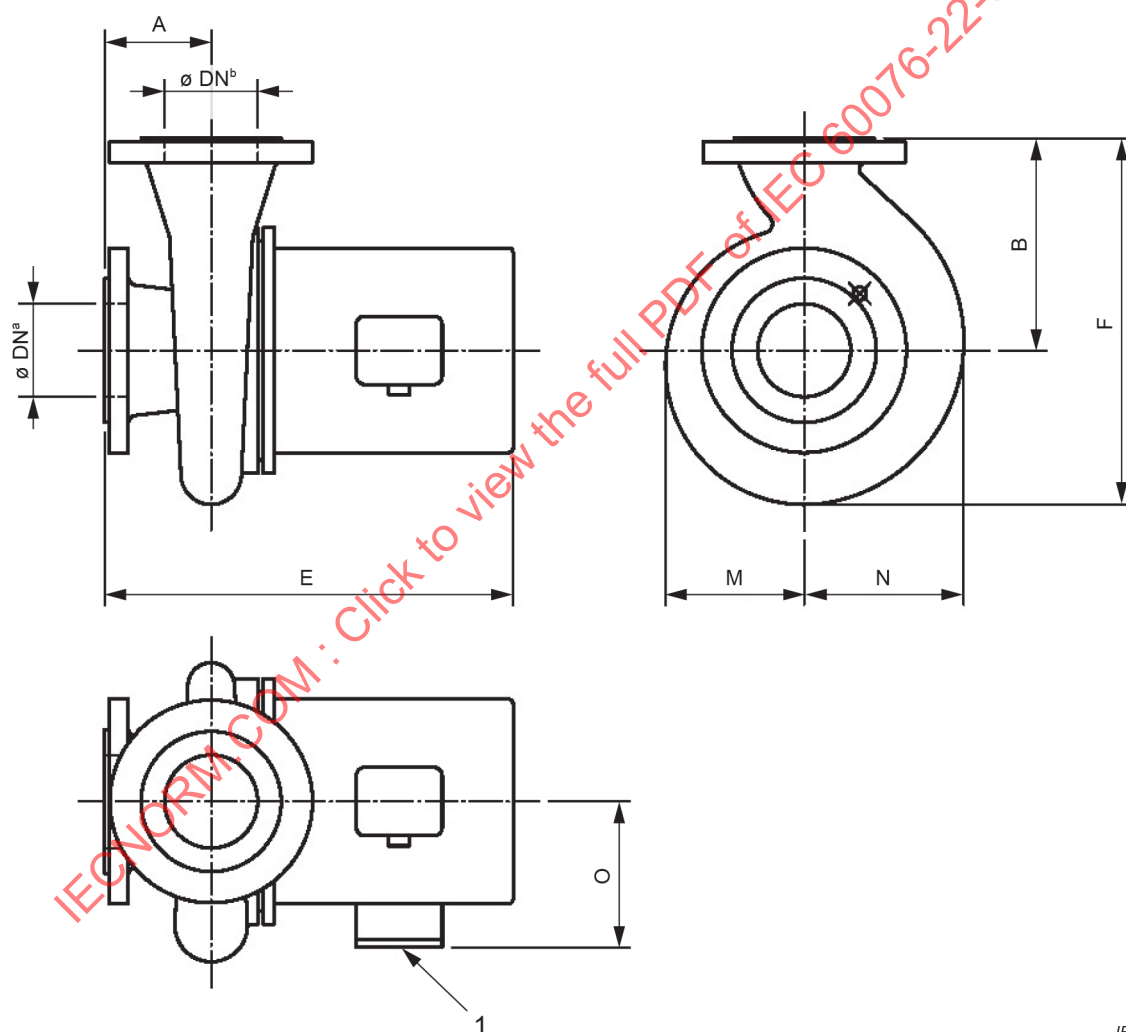
Des essais supplémentaires peuvent être convenus entre l'acheteur et le fabricant.

Annexe A (informative)

Tailles préférentielles des pompes à aspiration axiale

Les tailles préférentielles de pompes indiquées dans le présent document représentent les exigences les plus fréquentes. Les cycles de service et les dimensions de ces pompes doivent satisfaire aux exigences de l'Annexe A pour les pompes à aspiration axiale (voir la Figure A.1 et le Tableau A.1), et de l'Annexe B pour les pompes en ligne (voir la Figure B.1 et le Tableau B.1).

Les pompes présentant d'autres cycles de service et/ou dimensions assigné(e)s peuvent être utilisées sous réserve d'un accord entre l'acheteur et le fabricant. Ces pompes doivent satisfaire aux autres exigences du présent document.



IEC

Légende

- 1 Boîte à bornes
- ^a Entrée
- ^b Sortie

Figure A.1 – Dimensions des pompes à aspiration axiale